



**TUGAS AKHIR - TM 095502**

# **PERENCANAAN DAYA DAN PERHITUNGAN BANTALAN/BEARING PADA MESIN PENGUPAS KULIT KACANG HIJAU**

**CHOIRUL ANAM  
NRP : 2111 030 114**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Suhariyanto, MT  
19620424 198903 1 005**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016**



**FINAL PROJECT - TM 095502**

# **PLANNING OF POWER AND BEARING CALCULATION ON THE GREEN BEANS PARING MACHINE**

**CHOIRUL ANAM  
NRP : 2111 030 114**

**Advisor  
Ir. Suhariyanto, MT  
19620424 198903 1 005**

**D III STUDY PROGRAM  
MECHANICAL ENGINEERING DEPARTEMENT  
Faculty of Industrial Thecnology  
Sepuluh Nopember Institute of technology  
Surabaya 2016**

## **LEMBAR PENGESAHAN**

### **PERENCANAAN DAYA DAN PERHITUNGAN BANTALAN/BEARING PADA MESIN PENGUPAS KULIT KACANG HIJAU**

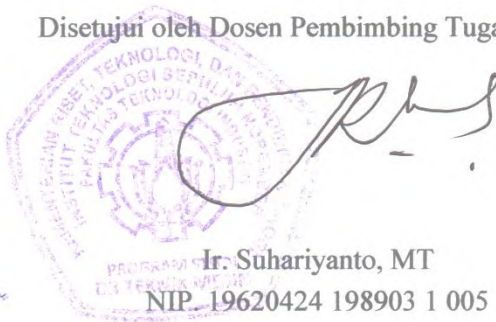
#### **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
pada  
Bidang Studi Manufaktur  
Program Studi Diploma III Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
SURABAYA

Oleh:

**CHOIRUL ANAM**  
**NRP. 2111 030 114**

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:



**Ir. Suhariyanto, MT**  
**NIP. 19620424 198903 1 005**

**SURABAYA, FEBRUARI 2016**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **PERENCANAAN DAYA DAN PERHITUNGAN BANTALAN/BEARING PADA MESIN PENGUPAS KULIT KACANG HIJAU**

**Nama Mahasiswa** : Choirul Anam  
**NRP** : 2111 030 114  
**Jurusan** : D3 Teknik Mesin FTI - ITS  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Suhariyanto, MT

### **Abstrak**

*Kacang hijau (Vigna radiata) merupakan sejenis palawija yang dikenal luas di daerah tropika. Bagian paling bernilai ekonomi tinggi adalah bijinya. Jika proses pengupasan kulit kacang hijau dilakukan dengan cara menggunakan balok kayu/dipukul-pukul itu akan membutuhkan waktu dan tenaga kerja yang cukup banyak. Jadi dengan adanya mesin pengupas kulit kacang hijau akan sangat membantu menghemat waktu, tenaga kerja dan menambah jumlah produksi kacang hijau.*

*Mesin pengupas kulit kacang hijau dibuat vertical dengan 1 buah poros dan 10 buah batang pengupas yang ditransmisikan oleh V-belt dan pulley menggunakan motor listrik yang berfungsi mengupas kacang hijau untuk memisahkan biji dengan kulitnya. Kemudian didapat hasil gaya daya dan elemen mesin.*

*Hasil dari perencanaan dan perhitungan mesin pengupas kulit kacang hijau didapatkan gaya pengupas 101,46 N, daya motor listrik sebesar 0,34 Hp = 0,5 Hp dengan putaran 925 rpm. Bantalan yang digunakan jenis gelinding (ball bearing-single row-deep groove) dengan umur bantalan 1 = 1.311.421,41 jam kerja dan umur bantalan 2 = 986.507,22 jam kerja. Dan kapasitas produksi yang mampu dihasilkan mesin = 132,50 kg/jam.*

**Kata kunci : Alat pengupas, kacang hijau, menambah jumlah produksi.**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# **PLANNING OF POWER AND BEARING CALCULATION ON THE GREEN BEANS PARING MACHINE**

**Name of Student** : Choirul Anam  
**NRP** : 2111 030 114  
**Department** : D3 Mechanical Engineering FTI-ITS  
**Advisor** : Ir. Suhariyanto, MT

## **Abstract**

*Green beans ( vigna radiata ) is a kind of secondary crops who widely known as in the tropics areas. The most economy value were high its seeds. If process of stripping the shell of the green beans done by a log or in mashed will need a much of time. So, with the green beans paring machine would help save time, manpower and to increase the number of production of green beans.*

*The green beans paring machine using electric motor, then transmitted use v-belt and pulley connected to a pivot for turning the shaft and stems paring that serves peeling green beans for separating sheel and the seed of green beans.*

*The result of this research, the force of the green beans paring machine is 101,46 N, the power of electric motor is 0.34 hp = 0.5 hp with a 925 rpm. A Bearing used a rolling bearing ( ball bearing-single row-deep a groove ), the age of bearing 1 = 1.311.421,42 working hours and the days of bearing 2 = 986.507,22 working hours. And capacity obtainet form the green beans paring machine of 132,50 kg per hour.*

**Keywords:** *paring machine, green beans, increase a capacity of production.*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## DAFTAR ISI

|  |              |
|--|--------------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>   | <b>i</b>     |
| <b>HALAMAN JUDUL (Inggris) .....</b>   | <b>iii</b>   |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>   | <b>v</b>     |
| <b>ABSTRAK .....</b>   | <b>vii</b>   |
| <b>ABSTRACT .....</b>  | <b>ix</b>    |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>   | <b>xi</b>    |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>   | <b>xiii</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>  | <b>xv</b>    |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>  | <b>xvii</b>  |
| <br><b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>   | <br><b>1</b> |
| 1.1. Latar Belakang.....   | 1            |
| 1.2. Perumusan Masalah .....   | 2            |
| 1.3. Batasan Masalah .....   | 2            |
| 1.4. Tujuan .....  | 2            |
| 1.5. Manfaat .....   | 3            |
| 1.6. Sistematika Penulisan .....   | 3            |
| <br><b>BAB 2 DASAR TEORI.....</b>  | <br><b>5</b> |
| 2.1. Kacang Hijau .....  | 5            |
| 2.2. Cara yang selama ini dilakukan petani untuk mengupas kacang hijau dengan bijinya..... | 7            |
| 2.3. Mesin-mesin pengupas.....   | 9            |
| 2.3.1. Mesin pengupas kulit kedelai .....  | 9            |
| 2.3.2. Mesin pengupas kulit tanduk kopi.....   | 10           |
| 2.4. Motor listrik .....   | 11           |
| 2.4.1. Konstruksi motor induksi .....  | 13           |
| 2.5. Perhitungan gaya.....   | 20           |
| 2.6. Perhitungan daya.....   | 20           |
| 2.6.1. Daya untuk mengupas kacang hijau .....  | 20           |
| 2.6.2. Daya momen inersia.....   | 21           |
| 2.6.2.1. Daya karena momen inersia .....   | 23           |

|   |    |
|---|----|
| 2.7. Perencanaan bantalan ( <i>Bearing</i> ) .....                                | 23 |
| 2.7.1. Klasifikasi bearing .....  | 24 |
| <b>BAB 3 METODOLOGI</b> .....   | 33 |
| 3.1. Diagram alir dan proses pembuatan mesin pengupas<br>kulit kacang hijau ..... | 33 |
| 3.2. Penjelasan diagram alir .....  | 35 |
| 3.3. Prosedrrur pengoperasian .....   | 37 |
| <b>BAB 4 PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN</b> .....                                     | 39 |
| 4.1. Kapasitas tabung .....   | 39 |
| 4.2. Gaya dan daya mesin .....  | 43 |
| 4.2.1. Gaya untuk mengupas kacang hijau .....                                     | 43 |
| 4.2.2. Daya untuk mengupas kacang hijau .....                                     | 44 |
| 4.3. Motor listrik .....  | 46 |
| 4.4. Perencanaan poros.....   | 46 |
| 4.4.1. Momon torsi .....  | 47 |
| 4.4.2. Momen bending pada poros pengupas .....                                    | 77 |
| 4.4.3. Perhitungan diameter poros pengupas .....                                  | 78 |
| 4.5. Perhitungan bantalan.....  | 79 |
| 4.5.1. Perhitungan beban eqivalen.....  | 81 |
| 4.5.2. Umur bantalan .....  | 81 |
| 4.6. Hasil rancangan alat .....   | 83 |
| 4.7. Hasil percobaan.....   | 84 |
| 4.8. Pembahasan.....  | 85 |
| <b>BAB 5 PENUTUP</b> .....  | 87 |
| 5.1. Kesimpulan .....   | 87 |
| 5.2. Saran.....   | 87 |

## DAFTAR PUSTAKA

## DAFTAR TABEL

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Tabel 2.1. | Nilai kandungan gizi kacang hijau .....  | 7  |
| Tabel 2.2. | Harga rata-rata koefisien gesek pada bearing....   | 27 |
| Tabel 2.3. | Ball bearing service factors .....   | 31 |
| Tabel 4.1. | Data pengujian gaya atau beban pada kacang hijau .....                                   | 44 |
| Tabel 4.2. | Hasil percobaan mesin pengupas kacang hijau dengan kapasitas percobaan 5 kg/proses ..... | 84 |

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| Gambar 2.1.  | Tanaman kacang hijau .....   | 6  |
| Gambar 2.2.  | Proses pengupasan kulit kacang hijau dengan bijinya.....                               | 8  |
| Gambar 2.3.  | Biji kacang hijau.....   | 8  |
| Gambar 2.4.  | Mesin pengupas kulit kedelai .....   | 9  |
| Gambar 2.5.  | Mesin pengupas kulit tanduk kopi.....  | 10 |
| Gambar 2.6.  | Klasifikasi jenis motor listrik .....  | 11 |
| Gambar 2.7.  | Motor induksi 3-fasa.....  | 12 |
| Gambar 2.8.  | Penerapan motor induksi di dunia industry .....  | 12 |
| Gambar 2.9.  | Contoh data yang ada di plat nama motor induksi  | 13 |
| Gambar 2.10. | Bentuk konstruksi dari motor induksi (stator dan rotor sangkar).....                   | 14 |
| Gambar 2.11. | Bentuk konstruksi dari motor induksi (rotor Belitan) .....                             | 14 |
| Gambar 2.12. | Bentuk konstruksi rotor sangkar.....   | 15 |
| Gambar 2.13. | Bentuk konstruksi kumparan dari rotor .....  | 15 |
| Gambar 2.14. | Gambaran sederhana bentuk alur/slot pada motor induksi.....                            | 17 |
| Gambar 2.15. | Gambaran sederhana motor induksi dengan satu kumparan stator & satu kumparan rotor.... | 18 |
| Gambar 2.16. | Motor induksi 3-fasa.....  | 19 |
| Gambar 2.17. | Silinder berongga.....   | 21 |
| Gambar 2.18. | Konstruksi poros dengan bearing .....  | 24 |
| Gambar 2.19. | Bearing sebagai penyangga poros pada reducer .....                                     | 24 |
| Gambar 2.20. | Small bearing: a. Dry sliding, b. Sintered bearing .....                               | 25 |
| Gambar 2.21. | Journak bearing dan ketebalan minyak pelumas.....                                      | 25 |
| Gambar 2.22. | Bantalan gelinding.....  | 26 |
| Gambar 2.23. | Rolling bearing (needle) .....   | 26 |
| Gambar 3.1.  | Flow chat .....  | 34 |

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| Gambar 3.2.  | Sket mesin pengupas kulit kacang hijau ..... | 36 |
| Gambar 4.1.  | Tabung .....                                 | 39 |
| Gambar 4.2.  | Percobaan menggunakan neraca pegas.....      | 43 |
| Gambar 4.3.  | Sudut kontak .....                           | 47 |
| Gambar 4.4.  | Free body diagram .....                      | 48 |
| Gambar 4.5.  | Potongan searah sumbu X .....                | 52 |
| Gambar 4.6.  | Potongan 1 sumbu X.....                      | 52 |
| Gambar 4.7.  | Potongan 2 sumbu X.....                      | 54 |
| Gambar 4.8.  | Potongan searah sumbu Y .....                | 55 |
| Gambar 4.9.  | Potongan pisau 1.....                        | 56 |
| Gambar 4.10. | Potongan pisau 2.....                        | 57 |
| Gambar 4.11. | Potongan pisau 3.....                        | 58 |
| Gambar 4.12. | Potongan pisau 4.....                        | 59 |
| Gambar 4.13. | Potongan pisau 5.....                        | 60 |
| Gambar 4.14. | Potongan pisau 6.....                        | 61 |
| Gambar 4.15. | Potongan pisau 7.....                        | 62 |
| Gambar 4.16. | Potongan pisau 8.....                        | 63 |
| Gambar 4.17. | Potongan pisau 9.....                        | 65 |
| Gambar 4.18. | Potongan pisau 10.....                       | 66 |
| Gambar 4.19. | Potongan searah sumbu Z.....                 | 67 |
| Gambar 4.20. | Potongan 1 sumbu Z .....                     | 67 |
| Gambar 4.21. | Potongan 2 sumbu Z .....                     | 68 |
| Gambar 4.22. | Potongan 3 sumbu Z .....                     | 69 |
| Gambar 4.23. | Potongan 4 sumbu Z .....                     | 71 |
| Gambar 4.24. | Potongan 5 sumbu Z .....                     | 73 |
| Gambar 4.25. | Potongan 6 sumbu Z .....                     | 74 |
| Gambar 4.26. | Foto mesin pengupas kulit kacang hijau.....  | 84 |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Teknologi tepat guna adalah teknologi yang tepat sasaran untuk dapat digunakan dan dikembangkan oleh masyarakat. Pengembangan teknologi bertujuan untuk meringankan pekerjaan manusia. Negara Indonesia dengan mayoritas penduduknya berprofesi sebagai petani, sangat membutuhkan inovasi teknologi tepat guna untuk meningkatkan produktivitas pertanian. Dalam hal ini, penulis menyoroti rendahnya produktivitas para petani kacang hijau di Indonesia. Disisi lain tingkat kebutuhan kacang hijau semakin meningkat dari tahun ke tahun namun permintaan konsumen tidak dapat terpenuhi akibat rendahnya produksi kacang hijau dalam negeri.

Dengan melihat kenyataan selama ini, bahwa sebagian besar petani kacang hijau pasca panen masih menggunakan cara yang sangat tradisional untuk memisahkan biji kacang hijau dengan kulitnya. Yaitu dengan cara memukul-mukul atau menggeblok kacang hijau tersebut. Pada pengupasan secara manual, para petani memerlukan waktu 5 jam untuk menghasilkan biji kacang hijau sebanyak 50-70 kg. Itupun membutuhkan  $\pm$  4-5 orang tenaga kerja, yaitu tetangga samping rumah, sanak saudaranya, maupun kuli (preman sawah). Setiap tenaga kerja tersebut mempunyai tugas masing-masing. Biasanya 2 orang laki-laki bertugas memukul-mukul atau menggeblok kacang hijau, sedangkan 2-3 perempuan yang memisahkan biji kacang hijau dengan kulitnya dengan cara diayak menggunakan tampa. Setelah pengupasan kulit kacang hijau selesai, biji kacang hijau segera distorkan ke penggepul atau juragan untuk dijual. Oleh karena itu, dirancangkannya mesin pengupas kulit kacang hijau agar memudahkan petani untuk memisahkan biji kacang hijau dengan kulitnya.

Pembuatan mesin pengupas kulit kacang hijau ini, supaya dengan mesin ini petani dapat mengupas kulit kacang hijau dengan jumlah yang banyak. Para petani tidak perlu lagi membutuhkan banyak tenaga kerja dan waktu yang lama untuk mengupas atau memisahkan biji kacang hijau dengan kulitnya.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Perumusan masalah yang akan dibahas pada pembuatan mesin pengupas kulit kacang hijau ini adalah:

1. Berapa besarnya gaya dan daya yang dibutuhkan oleh mesin ?
2. Jenis bearing/bantalan apa yang akan dipergunakan didalam mesin pengupas kulit kacang hijau dan berapa daya yang hilang dibearing/bantalan ?
3. Berapa hasil produksi mesin pengupas kulit kacang hijau melalui hasil percobaan ?

## **1.3 Batasan masalah**

Mengingat permasalahan untuk membuat mesin pengupas kulit kacang hijau ini sangat luas, maka diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Tidak membahas biaya proses produksi.
2. Rangka dianggap kuat menahan getaran dan gaya yang terjadi.
3. Tidak membahas vibrasi yang terjadi pada saat mesin pengupas kulit kacang hijau beroperasi.
4. Tidak membahas mur, baut dan pengelasan.

## **1.4 Tujuan**

Tujuan dari pembuatan mesin pengupas kulit kacang hijau ini adalah:



1. Dapat mengetahui gaya dan daya yang dibutuhkan oleh mesin pengupas kulit kacang hijau.
2. Untuk mengetahui jenis bearing/bantalan yang akan digunakan sehingga dapat mengetahui daya yang hilang pada bearing/bantalan.
3. Dapat mengetahui hasil produksi mesin pengupas kulit kacang hijau dari hasil percobaan.

## **1.5 Manfaat**

Manfaat yang diharapkan penulis ini nantinya sebagai berikut:

1. Dapat dipakai oleh para petani untuk membantu pekerja pengupas kulit kacang hijau dengan bijinya.
2. Diharapkan membantu meningkatkan nilai produksi dan menghemat tenaga manusia saat proses pengupasan kulit kacang hijau, sehingga manfaatnya dapat dirasakan oleh para petani.
3. Digunakan para petani untuk pengupasan kulit kacang hijau pasca panen dalam jumlah yang banyak.
4. Meningkatkan produktifitas proses pengupasan kulit kacang hijaunya.

## **1.6 Sistematika penulisan**

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

### **BAB II DASAR TEORI**

Pada bab ini dibahas mengenai beberapa teori teori penunjang yang berkaitan dengan topik tugas akhir.

### **BAB III                   METODOLOGI**

Bab ini berisi tentang diagram alir dan menjelaskan metodologi yang digunakan dalam perhitungan dan pembuatan alat.

### **BAB IV                   HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan dibahas tentang perhitungan mengenai gaya dan daya, bearing/bantalan, yang bekerja pada mesin pengupas kulit kacang hijau ini, pengujian alat.

### **BAB V                   KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab penutup ini terdiri dari 2 sub bab, yaitu berisi tentang kesimpulan dan saran.

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

Pada bab ini akan dibahas tentang kacang hijau. Perkembangan teknologi yang merubah cara kerja manusia dalam mengolah bahan makanan, ataupun lainnya dari cara tradisional yang sering disebut dengan cara kerja manual. Sampai cara modern yang sering disebut juga dengan cara serba mekanik dan otomatis (Koswara S., 1992). Mesin pengupas kulit kacang hijau yang digunakan sebagai teknologi yang memudahkan dalam penanganan dan pengolahan kacang hijau pasca panen, diharapkan bisa mempermudah para petani memisahkan antara kulit dan biji kacang hijau. Dalam hal ini, mesin menggunakan motor listrik karena tidak membutuhkan tenaga yang sangat besar. Selain itu, juga menggunakan komponen elemen mesin, diantaranya yang akan dibahas Bantalan/Bearing.

#### **2.1 Kacang Hijau**

Kacang hijau (*Vigna radiata*) merupakan sejenis palawija yang dikenal luas di daerah tropika. Tumbuhan yang termasuk suku polong-polongan ini memiliki banyak manfaat dalam kehidupan sehari-hari sebagai sumber bahan pangan berprotein nabati tinggi. Bagian paling bernilai ekonomi adalah bijinya. Kecambah kacang hijau menjadi sayuran yang umum dimakan di *Asia Timur* dan *Asia Tenggara* dan dikenal sebagai *tauge*. Kacang hijau bila direbus cukup lama akan pecah dan *pati* yang terkandung dalam bijinya akan keluar dan mengental menjadi semacam bubur. Selain itu, kacang hijau juga bisa dibuat dan aneka olahan lainnya.



Gambar 2.1. Tanaman Kacang Hijau

Adapun nilai kandungan gizi kacang hijau adalah sbb:

Penelitian mengungkapkan bahwa kecambah kacang hijau mengandung enzim-enzim aktif yang meningkatkan penyerapan nutrisi pada proses metabolisme tubuh. Pada Tabel 2.1, akan dijelaskan nilai kandungan gizi kacang hijau /100 gr. Kacang hijau mengandung protein 22 gr, protein yang terkandung memiliki asam amino lengkap. Protein pada kecambah kacang hijau sudah berkurang jumlahnya yaitu 18 gr, tetapi asam aminonya sebagian dalam bentuk bebas yang cepat diserap tubuh.

Kacang hijau juga dapat meningkatkan penyerapan nutrisi sebagai anti oksidan, meningkatkan keaktifan fisiologi tubuh, peluruh kencing, sakit perut, obat biang keringat anak-anak dan bisul, meningkatkan seksualitas pria, mengobati rambut rontok, penyakit maag, varises, dan bayi demam. Selain protein, gizi yang terkandung pada kacang hijau adalah energi yang memiliki nilai gizi 323kkal. Karbohidrat 56,8gr. Lemak esensial 1,5gr. Kalsium 223mg. Fosfor 319mg. Zat besi 7,5mg. Vitamin A 157 SI, vitamin B1 0,46mg, dan vitamin C 10mg. Dan juga mengandung air sebesar 15,5gr. Untuk lebih jelasnya berikut nilai kandungan gizi pada kacang hijau /100gr:

**Tabel 2.1 Nilai kandungan gizi kacang hijau**

| Kandungan Gizi | Jumlah /100gr |
|----------------|---------------|
| Energi         | 323 kkal      |
| Protein        | 22 gr         |
| Karbohidrat    | 56,8 gr       |
| Lemak          | 1,5 gr        |
| Kalsium        | 223 mg        |
| Fosfor         | 319 mg        |
| Zat Besi       | 7,5 mg        |
| Vitamin A      | 157 SI        |
| Vitamin B1     | 0,46 mg       |
| Vitamin C      | 10 mg         |
| Air            | 15,5 gr       |

*Sumber: (Baran Wirawan dan Sri Wahyuni, 2002)*

## **2.2 Cara yang selama ini dilakukan petani untuk mengupas kulit kacang hijau dengan bijinya**

Setelah kurang lebih dua bulan, kacang hijau sudah dapat dipanen. Agar proses pengupasan kulit kacang hijau tersebut mudah, maka petani harus menjemur dahulu kacang hijau yang baru dipanen untuk mengurangi kadar air yang ada pada kacang hijau. Supaya pada waktu dilakukan pemisahan (dipukul-pukul menggunakan kayu) proses pemisahan kulit dan biji kacang hijau lebih mudah dan agar biji kacang hijau tersebut tidak hancur.

Petani masih menggunakan cara yang sangat tradisional untuk pengupas kulit kacang hijau pasca panen.



Gambar 2.2. Proses pengupasan kulit kacang hijau dengan bijinya



Gambar 2.3. Biji kacang hijau

## **2.3 Mesin-mesin Pengupas**

### **2.3.1. Mesin pengupas kulit kedelai**

Kebutuhan para petani khususnya kacang kedelai, membutuhkan suatu alat atau mesin yang dapat mendukung kinerja mereka dalam mengolah hasil panen. Mesin pengupas kulit kacang kedelai ini membantu para petani untuk mengupas kulit kedelai dengan menggunakan mesin. Dengan penggerak motor listrik maupun motor bensin. Mesin ini dapat mengupas kulit luar kacang kedelai dengan kemampuan 500 kg/jam.

(Woyo Wasito, 2012)



Gambar 2.4. Mesin Pengupas Kulit Kedelai

([www.rekatehnikindo.blogspot.com](http://www.rekatehnikindo.blogspot.com))

Spesifikasi:

- Dimensi : 1100 x 500 x 1000 mm
- Penggerak : Elektromotor atau motor bensin Kapasitas : 500 kg / jam
- Rangka : Besi siku
- Casing : Platezer
- Transmisi : Puly dan v-belt
- Pemisah : Blower 6 in
- Kegunaan ; Mengupas kulit luar kacang kedelai

### 2.3.2. Mesin Pengupas Kulit Tanduk Kopi

Mesin pengupas kulit tanduk kopi ini membantu para petani kopi untuk mengupas kulit luar kopi dengan menggunakan mesin. Dengan penggerak motor bensin. Mesin ini dapat mengupas kulit tanduk kopi dengan kemampuan 180-200 kg/jam. Rochmanu, Arfaan. 2013



Gambar 2.5. Mesin Pengupas Kulit Tanduk Kopi

<http://tokomesinpengolahmakanan.wordpress.com/>

Spesifikasi:

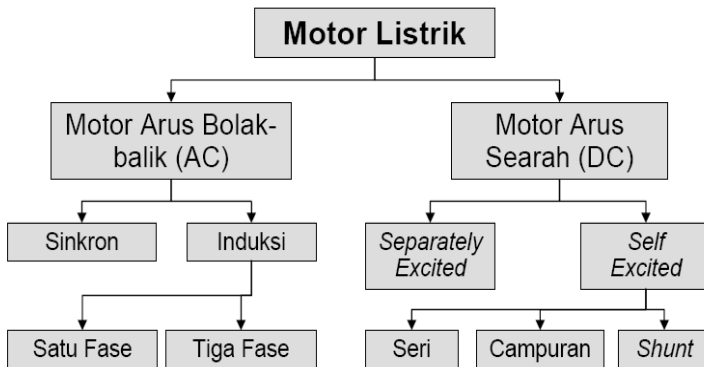
- Dimensi : 100 x 50 x 100 cm
- Material rangka : Siku Besi
- Material body : Plat Besi atau Stainless Steel
- Material pengupas : Besi atau Stainless Steel
- Penggerak : Engine Bensin 5,5 HP



- Transmisi : Pulley dan V-belt
- Kapasitas : 180-200 Kg/Jam
- Blower ( Optional )

## 2.4 Motor Listrik

Motor listrik termasuk kedalam kategori mesin listrik dinamis dan merupakan sebuah perangkat elektromagnetik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Dibawah ini adalah bagan mengenai macam – macam motor listrik berdasarkan pasokan input, konstruksi, dan mekanisme operasi yang terangkum dalam klasifikasi motor listrik.



Gambar 2.6. Klasifikasi jenis motor listrik

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak balik (AC) yang paling luas digunakan. Motor ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke statornya, dimana arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator.

Motor induksi sangat banyak digunakan di dalam kehidupan sehari-hari baik di industri maupun di rumah tangga.

Motor induksi yang umum dipakai adalah motor induksi 3-fase dan motor induksi 1-fase. Motor induksi 3-fase dioperasikan pada sistem tenaga 3-fase dan banyak digunakan di dalam berbagai bidang industri dengan kapasitas yang besar.



Gambar 2.7. Motor Induksi 3-fase



Gambar 2.8. Penerapan motor induksi di dunia industry  
1-fase dan banyak digunakan terutama untuk peralatan rumah tangga seperti kipas angin, lemari es, pompa air, mesin

cuci dan sebagainya karena motor induksi 1-fase mempunyai daya keluaran yang rendah. Bentuk gambaran motor induksi 3-fasa diperlihatkan pada gambar 2.7, dan contoh penerapan motor induksi ini di industry diperlihatkan pada gambar 2.8.

Data-data motor induksi mengenai daya, tegangan dan data lain yang berhubungan dengan kerja motor induksi dibuatkan pada plat nama (*name plate*) motor induksi. Contoh data yang ditampilkan pada plat nama motor induksi ini diperlihatkan pada gambar 2.9.

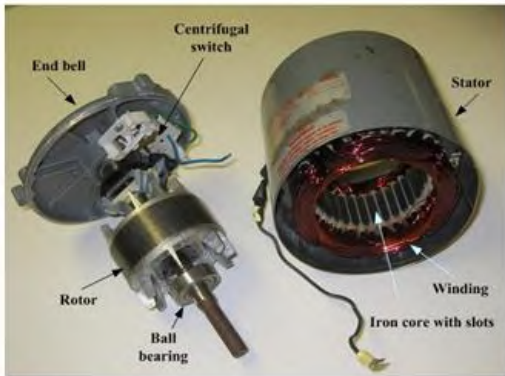
|                |                    |
|----------------|--------------------|
| pabrik pembuat |                    |
| 3~ Motor       | Nr.:               |
| $\Delta$ 400V  | 10,7A              |
| 5,5kW S1       | cos $\varphi$ 0,88 |
| 1450 /min      | 50 Hz              |
| Isol.-KI.F     | IP 55              |
| DIN VDE 0530   | EN 60034           |

Gambar 2.9. Contoh data yang ada di plat nama motor induksi

#### 2.4.1. Konstruksi Motor Induksi

Motor induksi pada dasarnya mempunyai 3 bagian penting yaitu:

1. Stator : Merupakan bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik kepada kumparan rotornya.
2. Celah : Merupakan celah udara, tempat berpindahnya energi dari stator ke rotor.
3. Rotor : Merupakan bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan rotor.

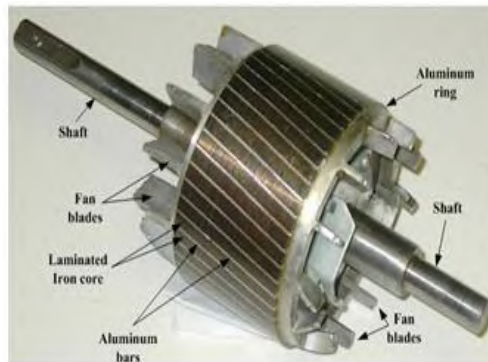


Gambar 2.10. Bentuk konstruksi dari motor induksi (stator dan rotor sangkar)

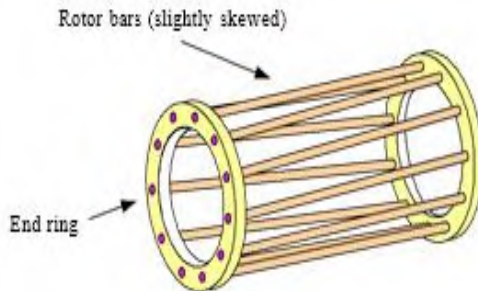


Gambar 2.11. Bentuk konstruksi dari motor induksi (rotor belitan)

Bentuk konstruksi rotor sangkar motor induksi secara lebih rinci diperlihatkan pada gambar 2.10.



Gambar 2.12. Bentuk konstruksi Rotor Sangkar



Gambar 2.13. Bentuk konstruksi Kumparan Dari Rotor

Konstruksi stator motor induksi pada dasarnya terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut:

1. Rumah stator (rangka stator) dari besi tuang.
2. Inti stator dari besi lunak atau baja silikon.
3. Alur, bahannya sama dengan inti, dimana alur ini merupakan tempat meletakkan belitan (kumparan

- stator).
4. Belitan (kumparan) stator dari tembaga.

Rangka stator motor induksi ini didisain dengan baik dengan empat tujuan yaitu:

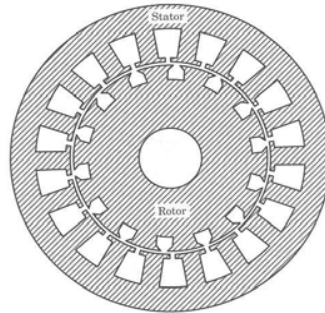
1. Menutupi inti dan kumparannya.
2. Melindungi bagian-bagian mesin yang bergerak dari kontak langsung dengan manusia dan dari goresan yang disebabkan oleh gangguan objek atau gangguan udara terbuka (cuaca luar).
3. Menyalurkan torsi ke bagian peralatan pendukung mesin dan oleh karena itu stator didisain untuk tahan terhadap gaya putar dan guncangan.
4. Berguna sebagai sarana rumah ventilasi udara sehingga pendinginan lebih efektif.

Berdasarkan bentuk konstruksi rotornya, maka motor induksi dapat dibagi menjadi dua jenis seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.12, yaitu:

1. Motor induksi dengan rotor sangkar (*squirrel cage*).
2. Motor induksi dengan rotor belitan (*wound rotor*).

Konstruksi rotor motor induksi terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut:

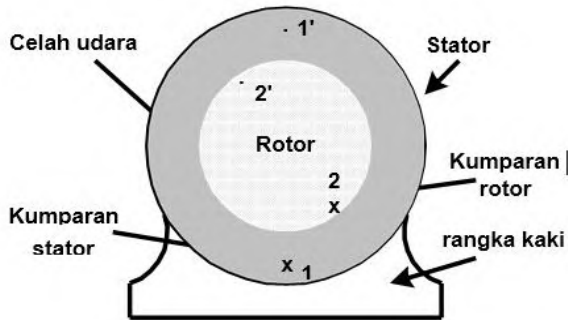
1. Inti rotor, bahannya dari besi lunak atau baja silikon sama dengan inti stator.
2. Alur, bahannya dari besi lunak atau baja silikon sama dengan inti. Alur merupakan tempat meletakkan belitan (kumparan) rotor.
3. Belitan rotor, bahannya dari tembaga.
4. Poros atau as.



Gambar 2.14. Gambaran sederhana bentuk alur / slot pada motor induksi

Diantara stator dan rotor terdapat celah udara yang merupakan ruangan antara stator dan rotor. Pada celah udara ini lewat fluks induksi stator yang memotong kumparan rotor sehingga menyebabkan rotor berputar. Celah udara yang terdapat antara stator dan rotor diatur sedemikian rupa sehingga didapatkan hasil kerja motor yang optimum. Bila celah udara antara stator dan rotor terlalu besar akan mengakibatkan efisiensi motor induksi rendah, sebaliknya bila jarak antara celah terlalu kecil/sempit akan menimbulkan kesukaran mekanis pada mesin. Bentuk gambaran sederhana bentuk alur / slot pada motor induksi diperlihatkan pada gambar 2.14 dan gambaran sederhana penempatan stator dan rotor pada motor induksi diperlihatkan pada gambar 2.11.

Motor induksi adalah suatu mesin listrik yang merubah energi listrik menjadi energi gerak dengan menggunakan gandengan medan listrik dan mempunyai slip antara medan stator dan medan rotor. Motor induksi merupakan motor yang paling banyak kita jumpai dalam industry.



Gambar 2.15. Gambaran sederhana motor induksi dengan satu kumparan stator dan satu kumparan rotor

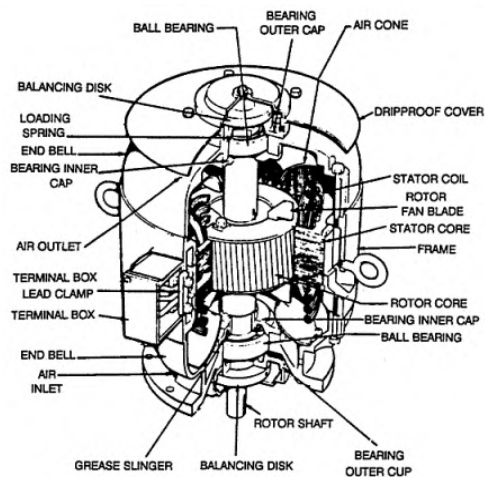
Tanda silang (x) pada kumparan stator atau rotor pada gambar 2.15 menunjukkan arah arus yang melewati kumparan masuk ke dalam kertas (tulisan ini) sedangkan tanda titik (.) menunjukkan bahwa arah arus keluar dari kertas.

Motor AC secara induksi terdapat dua jenis yaitu Motor induksi satu fasa dan motor induksi tiga fasa. Motor induksi tiga berikut adalah prinsip kerja dari motor ac 3 fasa:

1. Bila sumber tegangan tiga fasa dipasang pada kumparan stator, maka pada kumparan stator akan timbul medan putar dengan kecepatan,  $n_s = \frac{120f}{P}$ ,  $n_s$  = kecepatan sinkron,  $f$  = frekuensi sumber,  $p$  = jumlah kutup.
2. Medan putar stator akan memotong konduktor yang terdapat pada sisi rotor, akibatnya pada kumparan rotor akan timbul tegangan induksi ( ggl ) sebesar  $E_2s = 44,4fn\Phi$ . Keterangan :  $E$  = tegangan induksi ggl,  $f$  = frekuensi,  $N$  = banyak lilitan,  $Q$  = fluks.
3. Karena kumparan rotor merupakan kumparan rangkaian tertutup, maka tegangan induksi akan menghasilkan arus ( $I$ ).



4. Adanya arus dalam medan magnet akan menimbulkan gaya (  $F$  ) pada rotor.
5. Bila torsi awal yang dihasilkan oleh gaya  $F$  pada rotor cukup besar untuk memikul torsi beban, maka rotor akan berputar searah dengan arah medan putar stator.
6. Untuk membangkitkan tegangan induksi  $E_2$ s agar tetap ada, maka diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator ( $n_s$ ) dengan kecepatan putar rotor ( $n_r$ ).
7. Perbedaan antara kecepatan  $n_r$  dengan  $n_s$  disebut dengan slip (  $S$  ) yang dinyatakan dengan Persamaan  $S = n_s - n_r / n_s$  (100%)
8. Jika  $n_s = n_r$  tegangan akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada rotor, dengan demikian tidak ada torsi yang dapat dihasilkan. Torsi suatu motor akan timbul apabila  $n_s > n_r$ .
9. Dilihat dari cara kerjanya motor tiga fasa disebut juga dengan motor tak serempak atau asinkron.



Gambar 2.16. Motor Induksi 3 fasa

## 2.5 Perhitungan Gaya

Hukum I Newton : Jika resultan gaya (jumlah vektor dari semua gaya yang bekerja pada benda) bernilai nol, atau bila benda itu diam/tidak ada gaya-gaya yang mempengaruhinya, maka kecepatan benda tersebut konstan. Dirumuskan secara matematis menjadi:

$$\Sigma F = 0 \dots\dots\dots (2-1)$$

Hukum II Newton : Percepatan yang ditimbulkan oleh gaya yang bekerja pada benda berbanding lurus dengan besar gayanya dan berbanding terbalik dengan massa benda. Secara matematis hukum II Newton dirumuskan sebagai berikut:

$$F = m \cdot a \quad \text{atau} \quad a = \frac{\Sigma F}{m} \dots\dots\dots (2-2)$$

Dalam pengaplikasiannya persamaan diatas dapat berubah menjadi seperti berikut:

Persamaan gaya akibat percepatan gravitasi

$$F = W = N = m \cdot g \dots\dots\dots (2-3)$$

## 2.6 Perhitungan daya

### 2.6.1. Daya Untuk Mengupas Kacang Hijau

Besarnya daya yang dipakai untuk mengupas kacang hijau, dipengaruhi oleh besarnya gaya kupas, dan kecepatan kupas. Maka besarnya daya dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_1 = F \cdot v \cdot z \dots\dots\dots (2-4)$$

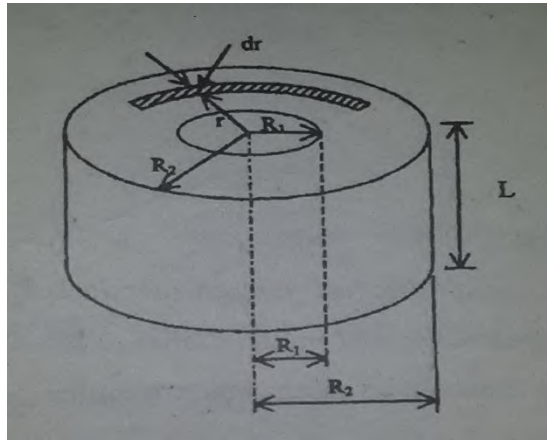
dimana :

$F$  = gaya pengupas (N)  
 $v$  = kecepatan pengupas (m/s)  
 $z$  = jumlah mata pisau

## 2.6.2. Daya Momen Inersia

Daya momen inersia adalah daya yang dibutuhkan karena adanya momen inersia. Untuk mendapatkan daya tersebut maka harus diketahui dulu besarnya : momen inersia, kecepatan sudut dan percepatan sudut, serta besarnya torsi.

a) Momen Inersia bentuk silinder pejal dapat dirumuskan



Gambar 2.17. Silinder berongga

Maka secara momen inersia silinder berongga tersebut bila dinyatakan dalam massa total  $m$ , jari-jari luar  $r_2$ , dan jari-jari dalam  $r_1$ , menjadi:

$$I = \frac{1}{2} m (r_2^2 + r_1^2) \dots\dots\dots (2-5)$$

Sehingga untuk silinder pejal berjari-jari  $r$  ( $r_1 = 0$  dan  $r_2 = r$ ) momen inersianya dapat dicari menggunakan rumus sebagai berikut:

$$I = \frac{1}{2} m \cdot r^2 \dots\dots\dots(2-6)$$

(Dosen- dosen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu  
Pengetahuan Alam, ITS)

dimana :

$I$  = Momen inersia ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ )

$m$  = Massa ( $\text{kg}$ )

$r$  = Jari-jari ( $\text{m}$ )

b) Kecepatan Sudut dan Percepatan Sudut

Sebuah benda yang berputar, misalnya *pulley*, maka akan ada kecepatan sudut dan percepatan sudut, yang secara matematis dapat dirumuskan:

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} \quad \text{atau} \quad \alpha = \frac{d\omega}{dt} \dots\dots\dots(2-7)$$

(R.C. Hibbeler, *Engineering Mechanics Dynamics*,. 2000)

dimana :

$\omega$  = Kecepatan sudut ( $\text{rad/sec}$ )

$\alpha$  = Percepatan sudut ( $\text{rad/sec}^2$ )

$t$  = Waktu ( $\text{sec}$ )

c) Torsi

Besarnya torsi dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$T = I \cdot \alpha \dots\dots\dots(2-8)$$

dimana :

$T$  = Torsi (Nm)

$I$  = Momen inersia ( $\text{kg m}^2$ )

$\alpha$  = Percepatan sudut ( $\text{rad/sec}^2$ )

### 2.6.2.1. Daya karena momen inersia

Setelah torsi dan putaran (*rpm*) diketahui maka selanjutnya dapat diketahui besarnya daya karena momen inersia dengan rumus sebagai berikut:

$$P_2 = T \cdot \omega \dots\dots\dots(2-9)$$

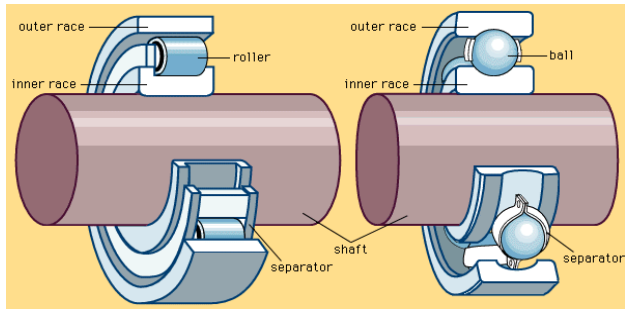
dimana :

$T$  = Torsi (N m)

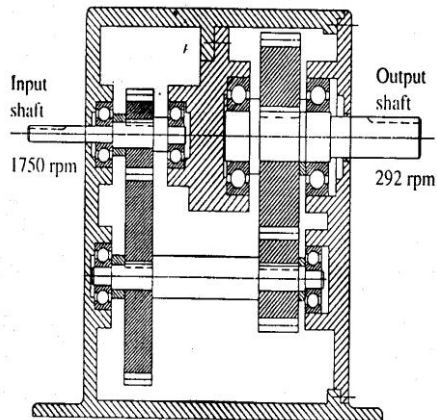
$\omega$  = Kecepatan sudut ( $\text{rad/sec}$ )

## 2.7 Perencanaan Bantalan (*Bearing*)

Bearing atau bantalan adalah elemen mesin yang berfungsi untuk menumpu poros, supaya putaran atau gerakan poros dapat berlangsung dengan baik dan aman, juga untuk memperkecil kerugian daya akibat gesekan. Bearing harus kuat dan kokoh untuk menahan gaya yang terjadi pada poros. Jika bearing tidak berfungsi dengan baik maka kerja seluruh sistem akan menurun atau mesin tidak dapat bekerja sebagaimana semestinya. Konstruksi antara poros dengan bearing dapat dilihat pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18. Kontruksi poros dengan bearing



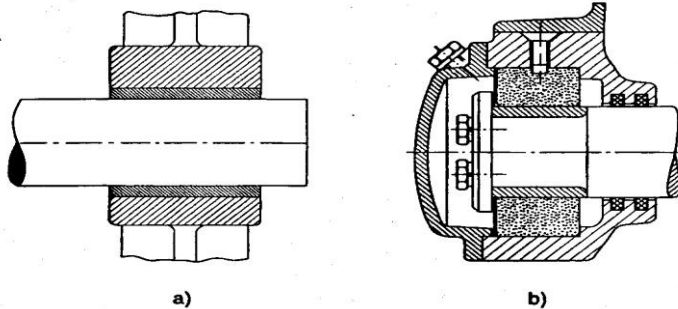
Gambar 2.19. Bearing sebagai penyangga poros pada sebuah *reducer*

### 2.7.1 Klasifikasi Bearing

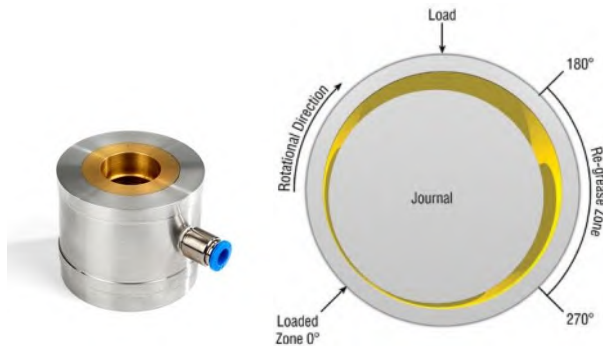
Bearing secara garis besarnya dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu : Journal Bearing dan Rolling Bearing.

#### 1. Journal Bearing (Bantalan Luncur)

Pada bearing ini terjadi gesekan luncur antara poros dan bearing, karena permukaan poros yang berputar bersentuhan langsung dengan bearing yang diam. Lapisan minyak pelumas sangat diperlukan untuk memperkecil gaya gesek dan temperatur yang timbul akibat gesekan tersebut.



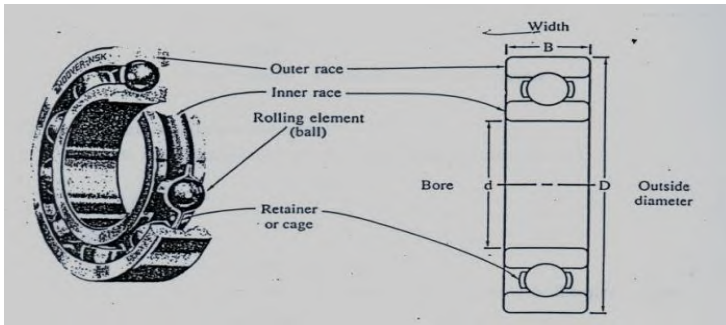
Gambar 2.20. Small bearing : a. Dry sliding, b. Sintered bearing



Gambar 2.21. Journal Bearing dan ketebalan minyak pelumas

## 2. Rolling Bearing (Bantalan Gelinding)

Pada bearing ini terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan bagian yang diam pada bearing, bagian yang berputar tersebut adalah : bola, silindris dan jarum, antara poros dan bearing tidak terjadi gesekan.



Gambar 2.22. Bantalan gelinding (*Sularso, Dasar perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*)



Gambar 2.23. Rolling bearing (needle)



### 3. Gesekan dan Prediksi Umur Rolling Bearing

- Gesekan pada Rolling Bearing

Walaupun Rolling Bearing disebut bearing anti gesekan (anti *friction bearing*),tetapi karena adanya beban dan putaran, akan timbul gesekan diantara komponen bearing, yaitu : ring luar, bola atau rol, dan ring dalamnya. Koefisien gesek (f) dapat dilihat pada Tabel 2.2. yang didasarkan atas tipe bearingnya, serta kondisinya, dan koefisien gesek ini dihasilkan dari penelitian bertahun-tahun.

**Tabel 2.2. Harga rata-rata koefisien gesek pada bearing**

| No | Tipe Bearing               | Start  |        | Selama Berputar |        |
|----|----------------------------|--------|--------|-----------------|--------|
|    |                            | Radial | Aksial | Radial          | Aksial |
| 1  | Ball Bearing               | 0,0025 | 0,0060 | 0,0015          | 0,0040 |
| 2  | Spherical Roller Bearing   | 0,0030 | 0,1200 | 0,0018          | 0,0080 |
| 3  | Cylindrical Roller Bearing | 0,0020 | ---    | 0,0011          | ---    |

(Sumber : Deutschman, 1975 : 482)

Akibat adanya gesekan ini, akan menyebabkan kehilangan daya, secara pendekatan kehilangan daya tersebut dapat dihitung dengan rumus:

$$f_{HP} = \frac{T_f \cdot n}{63025} = \frac{f \cdot F_r \cdot d \cdot n}{126050} \dots\dots\dots(2-10)$$

(Sumber : Deutschman, 1975 : 482)

dimana:

- $f_{HP}$  = Daya yang hilang karena gesekan (Hp)
- $T_f$  = Torsi akibat gesekan (lbf.in)
- $F_r$  = Gaya radial pada bearing (lbf)
- $f$  = Koefisien gesek ( Tabel 2.2)
- $d$  = diameter lubang bantalan (in)
- $n$  = putaran poros (direncanakan 650 rpm)

### ● Prediksi Umur Bearing

Dengan asumsi putaran konstan, maka prediksi umur bearing (dinyatakan dalam jam) dapat ditulis dengan persamaan:

$$L_{10h} = \left(\frac{C}{P}\right)^b \times \frac{10^6}{60 \cdot n} \dots\dots\dots(2-11)$$

(Sumber : Deutschman, 1975 : 482)

dimana :

- $L_{10h}$  = Umur bearing (jam kerja)
- $C$  = Beban dinamis didapatkan dari diameter-dalam bearing yaitu 25 mm dengan dimension series (ball bearing-

single row deep- groove) maka akan didapat nilai 3660 lbf ( dapat dilihat dari lampiran 4 table D<sub>3</sub>)

- $n$  = putaran poros (rpm)
- $P$  = Beban Ekvivalen (lbf)
- $b$  = konstanta yang tergantung tipe beban.  
( $b = 3$  untuk ball bearing)

Sesuai dengan definisi dari AFBMA (Anti Friction Bearing Manufacturers Association) yang dimaksud dengan beban ekuivalen adalah beban radial yang konstan yang bekerja pada bearing dengan ring dalam yang berputar, yang akan memberi umur yang sama, seperti bila bearing bekerja dengan kondisi nyata untuk beban dan putaran yang sama.

Dalam kenyataannya bearing biasanya menerima beban kombinasi antara beban radial dan beban aksial, serta pada suatu kondisi ring dalam yang tetap sedangkan ring luarnya yang berputar. Sehingga persamaan beban ekuivalen ( $P$ ) setelah adanya koreksi tersebut, menjadi:

$$P = (V \cdot X \cdot F_r) + (Y \cdot F_a) \dots\dots\dots(2-12)$$

(Sumber : *Deutschman, Machine Design and Theory and Practice, 1975 : 486*)

dimana :

- $P$  = beban ekuivalen (lbf)
- $F_r$  = beban radial (lbf)
- $F_a$  = karena beban aksial tidak ada, maka harga  $F_a / (V \cdot F_r) \leq e$ . Jadi  $X = 1$  dan  $Y = 0$
- $V$  = faktor putaran (konstan) bernilai :

1,0 untuk ring dalam berputar 1,2 untuk ring luar yang berputar.

$X$  = konstanta radial (dari tabel  $D_1$ , dapat dilihat pada lampiran 4)

$Y$  = konstanta aksial (dari tabel  $D_1$ , dapat dilihat pada lampiran 4)

Cara memilih harga  $X$  dan  $Y$  dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. Cari terlebih dahulu harga :  $i.F_a/C_o$   
 $i$  = jumlah deret bearing
2. Kemudian dari harga ini, ditarik garis ke kanan sampai pada kolom  $e$  , sehingga didapat harga  $e$ .
3. Cari harga:  $F_a/(V.F_r)$  , dan bandingkan dengan harga  $e$  , akan diperoleh kemungkinan :  $F_a/(V.F_r) < e$  atau  $F_a/(V.F_r) = e$  atau  $F_a/(V.F_r) > e$ .
4. Dari perbandingan harga tersebut, maka akan didapatkan harga  $X$  dan  $Y$  dari kolom :  $F_a/(V.F_r) \leq e$  atau  $F_a/(V.F_r) > e$ . Khusus untuk deret satu (single row bearing) , bila harga  $F_a/(V.F_r) \leq e$  , maka  $X = 1$  dan  $Y = 0$ .
5. Dapat dibantu dengan Interpolasi atau Extrapolasi  
Bila faktor beban kejut dimasukkan maka persamaan (2-12) akan menjadi:

$$P = F_{s(V.X.F_r + Y.F_a)} \dots\dots\dots (2-13)$$

(Sumber : Deutschman, 1975 : 482)

dimana :

$F_s$  = Uniform and steady load ball bearing  
1,0 (pada tabel 2.3)

**Tabel 2.3. Ball bearing service factors ( $F_s$ )**

| No | Type of service                   | Multiply calculated load by following factors |                |
|----|-----------------------------------|---|----------------|
|    |                                   | Ball Bearing                                  | Roller Bearing |
| 1  | Uniform and steady load           | 1,0   | 1,0            |
| 2  | Light shock load                  | 1,5   | 1,0            |
| 3  | Moderate shock load               | 2,0   | 1,3            |
| 4  | Heavy shock load                  | 2,5   | 1,7            |
| 5  | Extreme and indefinite shock load | 3,0   | 2,0            |

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

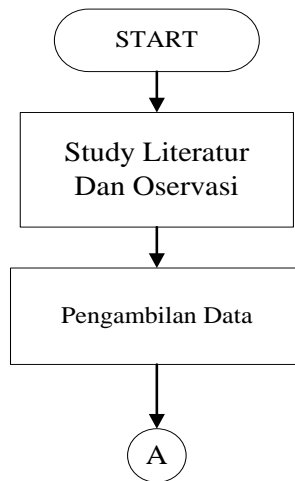
### **BAB III METODOLOGI**

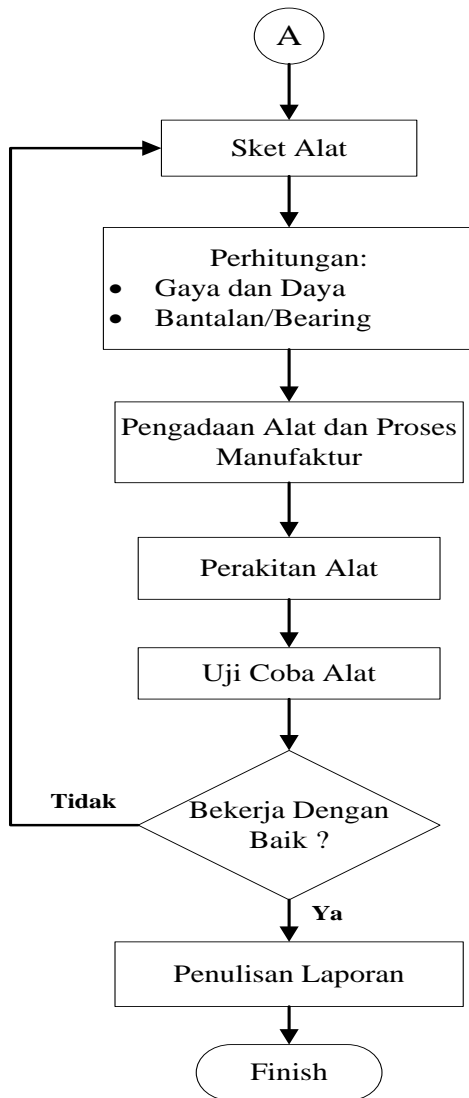
Pada bab ini akan diuraikan mengenai perencanaan dan pembuatan Mesin Pengupas Kulit Kacang Hijau, proses pembuatan dan penyelesaian alat Tugas Akhir ini digambarkan dalam diagram alir atau *flow chart*.

#### **3.1 Diagram Alir dan Proses Pembuatan Mesin Pengupas Kulit Kacang Hijau**

Perancangan merupakan sebuah kegiatan awal dari sebuah usaha dalam merealisasikan sebuah produk yang keberadaannya diperlukan oleh masyarakat khususnya petani untuk meningkatkan kesejahteraan hidupnya (*Darmawan, 2004*).

Pada dasarnya, perancangan itu sendiri terdiri dari serangkaian kegiatan yang berurutan. Kegiatan-kegiatan dalam proses perancangan disebut fase. Fase-fase dalam proses perancangan berbeda satu dengan yang lainnya. Fase-fase proses perancangan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1. Flow chart



### 3.2 Penjelasan Diagram Alir

a. Study Literatur

Pada studi literatur meliputi mencari dan mempelajari bahan pustaka yang berkaitan dengan segala permasalahan mengenai perancangan mesin pengupas kulit kacang hijau dan pengetahuan mengenai komponen - komponen apa saja yang digunakan pada mesin pengupas kulit kacang hijau. Studi literatur ini diperoleh dari berbagai sumber antara lain buku / *text book*, diktat yang mengacu pada referensi, jurnal ilmiah, tugas akhir yang berkait, media internet.

b. Observasi

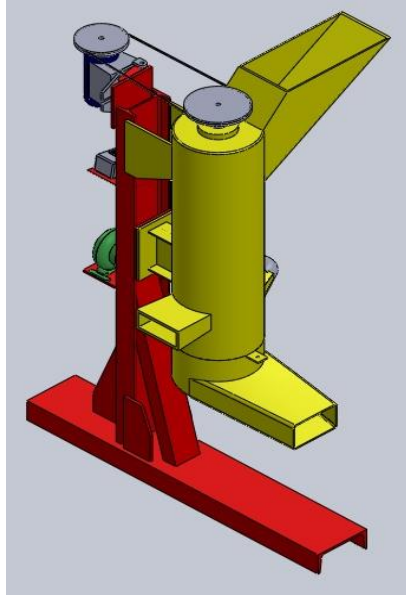
Observasi merupakan tahap kedua yang bertujuan melakukan survei mesin-mesin pengupas yang sudah pernah dibuat sebelumnya, survey dilakukan pada tanggal 09 Desember 2014 di Desa Balongwangi, Kabupaten Lamongan untuk mengamati mesin-mesin pengupas dan juga mengamati mekanisme mesin-mesin pengupas seperti mesin pengupas kulit kacang hijau.

c. Pengumpulan Data

Pengambilan data dilakukan setelah observasi pada mesin pengupas kulit kacang hijau dan petani, guna memenuhi data-data yang diperlukan.

d. Sket Alat

Desain alat adalah mendesain dan merancang alat dengan menggunakan data-data yang telah diperoleh, untuk menyempurnakan Mesin Pengupas kulit kacang hijau.



Gambar 3.2 Sket Mesin Pengupas Kulit Kacang Hijau

e. Perhitungan

Perhitungan daya yang dibutuhkan oleh mesin pengupas kulit kacang hijau, daya untuk momen inersia dan menghitung daya kerugian bantalan/bearing menggunakan data-data yang sudah di dapat. Perhitungan ini bertujuan untuk mendapatkan mekanisme yang optimal dengan memperhatikan data yang telah didapat dari studi literatur dan observasi langsung.

f. Pengadaan Alat

Setelah mendapatkan data, selanjutnya dilakukan pemilihan bahan yang dibutuhkan untuk proses perakitan mesin pengupas kulit kacang hijau dan selanjutnya melakukan proses manufacture pada mesin pengupas kulit kacang hijau.

g. Perakitan Alat

Setelah memperoleh semua bahan yang dibutuhkan untuk pembuatan mesin pengupas kulit kacang hijau dan proses manufacture, maka langkah selanjutnya adalah perakitan mesin sesuai dengan desain yang sudah ditentukan.

h. Uji Coba Alat

Setelah semua bahan dirangkai dan sudah jadi mesin pengupas kulit kacang hijau maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian terhadap mesin pengupas kulit kacang hijau.

i. Pembuatan Laporan

Setelah mendapatkan data-data yang diperlukan dari hasil perhitungan dan perwujudan mesin pengupas kulit kacang hijau, maka dibuat laporan mengenai hasil rancang bangun mesin pengupas kulit kacang hijau.

### **3.3 Prosedur Pengoperasian**

Berikut ini akan diuraikan tentang prosedur pengoperasian Mesin Pengupas Kulit Kacang Hijau.

Prosedur pengoperasian mesin ini adalah:

Saat Motor listrik menyala, pulley pada motor akan menggerakkan pulley pada poros menggunakan V-belt. Kemudian pulley poros akan menggerakkan poros serta batang pengupas untuk mengupas kacang hijau. Kemudian biji dengan kulit kacang hijau akan keluar pada lubang yang berbeda. Biji kacang hijau yang sudah terpisah dengan kulitnya akan jatuh kebawah melalui saringan, dan kulitnya akan ditiup menggunakan blower. Biji kacang hijau yang masih belum

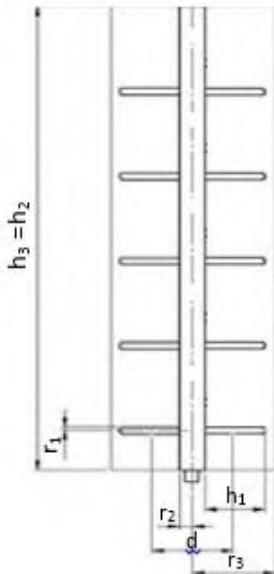
terpisah dengan kulitnya akan ikut keluar bersama dengan bijinya. Kemudian bisa dilakukan proses pengupasan kembali atau dijemur terlebih dahulu sebelum dilakukan proses pengupasan lagi. Ketika proses pengupasan sudah selesai, matikan motor listriknya.

## BAB IV PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas tentang perhitungan dan pembahasan tentang gaya dan daya yang dibutuhkan pada mesin, bearing/bantalan pada mesin pengupas kulit kacang hijau. Agar memperoleh hasil pengupasan yang maksimal, maka kecepatan putaran poros pengupas direncanakan sebesar 300 rpm.

### 4.1 Kapasitas Tabung

Kapasitas tabung yang dimaksud disini adalah volume tabung yang terisi oleh kacang hijau (volume kacang hijau =  $V_k$ ). Didalam tabung ada 10 buah batang pengupas dan 1 buah poros seperti terlihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Tabung

Keterangan gambar:

$r_1$  = jari-jari batang pengupas (cm)

$r_2$  = jari-jari poros (cm)

$r_3$  = jari-jari tabung (cm)

$h_1$  = panjang batang pengupas (cm)

$h_2$  = tinggi poros (cm)

$h_3$  = tinggi tabung (cm)

$d$  = jarak sumbu poros dengan kacang hijau yang akan dikupas (cm)

Untuk mengetahui volume kacang hijau ( $V_k$ ) yang akan masuk ke dalam tabung dapat diketahui dengan menggunakan rumus:

$$V_k = (V_{\text{tabung}}) - ((V_{\text{batang p}} \cdot 10) + V_{\text{poros}})$$

dimana:

$V_k$  = volume kacang hijau ( $cm^3$ )

$V_{\text{tabung}}$  = volume tabung ( $cm^3$ )

$V_{\text{batang p}}$  = volume batang pengupas ( $cm^3$ )

$V_{\text{poros}}$  = volume poros ( $cm^3$ )

Untuk mengetahui besarnya volume batang pengupas ( $V_{\text{batang p}}$ ) dapat diketahui menggunakan rumus:

$$V_{\text{batang p}} = \pi (r_1)^2 h_1$$

dimana :

$r_1$  = jari-jari batang pengupas (cm)

$h_1$  = panjang batang pengupas (cm)

$$r_1 = 6 \text{ mm} = 0,6 \text{ cm}$$

$$h_1 = 101 \text{ mm} = 10,1 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{batang p}} &= \pi (r_1)^2 h_1 \\ &= \pi (0,06 \text{ cm})^2 10,1 \text{ cm} \\ &= 0,114 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Untuk mengetahui besarnya volume poros ( $V_{\text{poros}}$ ) dapat diketahui menggunakan rumus:

$$V_{\text{poros}} = \pi (r_2)^2 h_2$$

dimana :

$r_2$  = jari-jari poros (cm)

$h_2$  = tinggi poros (cm)

$$r_2 = 19 \text{ mm} = 1,9 \text{ cm}$$

$$h_2 = 795 \text{ mm} = 79,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{poros}} &= \pi (r_2)^2 h_2 \\ &= \pi (1,9 \text{ cm})^2 79,5 \text{ cm} \\ &= 901,628 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Untuk mengetahui besarnya volume tabung ( $V_{\text{tabung}}$ ) dapat diketahui menggunakan rumus:

$$V_{\text{tabung}} = \pi (r_3)^2 h_3$$

dimana :

$r_3$  = jari-jari tabung (cm)

$h_3$  = tinggi tabung (cm)

$$\emptyset_{\text{tabung}} = 265 \text{ mm} = 26,5 \text{ cm}$$

$$r_3 = 132,5 \text{ mm} = 13,25 \text{ cm}$$

$$h_3 = 795 \text{ mm} = 79,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{tabung}} &= \pi (r_3)^2 h_3 \\ &= \pi (13,25 \text{ cm})^2 79,5 \text{ cm} \\ &= 43.847,89 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Setelah volume batang pengupas ( $V_{\text{batang p}}$ ), volume poros ( $V_{\text{poros}}$ ), dan volume tabung ( $V_{\text{tabung}}$ ) diketahui, maka untuk mengetahui jumlah sebenarnya volume tabung yang dapat dimasuki kacang hijau ( $V_k$ ) dapat dicari dengan rumus:

$$\begin{aligned} V_k &= (V_{\text{tabung}}) - ((V_{\text{batang p}} \cdot 10) + V_{\text{poros}}) \\ &= 43.847,89 \text{ cm}^3 - ((0,114 \text{ cm}^3 \cdot 10) + 901,628 \text{ cm}^3) \\ &= 43.847,89 \text{ cm}^3 - (1,14 \text{ cm}^3 + 901,628 \text{ cm}^3) \\ &= 43.847,89 \text{ cm}^3 - 902,768 \text{ cm}^3 \\ &= 42.945,21 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$



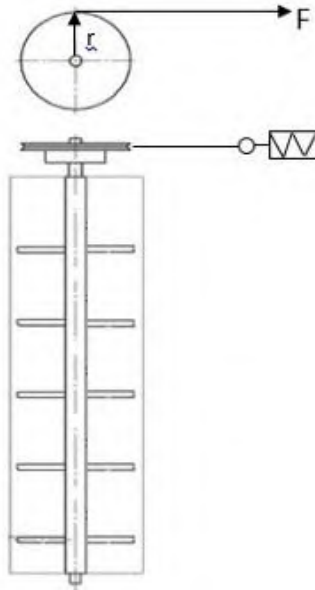
## 4.2 Gaya dan Daya Mesin

Pada sub bab ini, akan dihitung atau dicari besarnya gaya untuk mengupas kacang hijau dan daya motor AC yang dibutuhkan mesin pengupas kacang hijau.

### 4.2.1. Gaya Untuk Mengupas Kacang Hijau

Besarnya gaya untuk mengupas kacang hijau ini, dapat dicari secara langsung dengan percobaan.

Untuk mengetahui gaya pengupasan kacang hijau, dilakukan percobaan pada poros pengupas (diputar manual) untuk memperoleh gaya kupas, yang akan diilustrasikan pada gambar 4.2:



Gambar 4.2 Percobaan Menggunakan Neraca Pegas

Tabel 4.1. Data pengujian gaya atau beban pada kacang hijau.

| No. | Percobaan | Gaya Kupas (kgf) |
|-----|-----------|------------------|
| 1   | I         | 10,325 kg        |
| 2   | II        | 10,327 kg        |
| 3   | III       | 10,334 kg        |
| 4   | IV        | 10,345 kg        |
| 5   | V         | 10,327 kg        |
|     | Rata-rata | 10,331 kg        |

Hasil dari pengujian massa pada kacang hijau diatas, dapat diketahui gaya atau beban sebesar 101,347 kgf (didapat dari rata-rata gaya kupas x gravitasi = 10,331 x 9,81). Setelah massa atau beban diketahui sebesar 101,34 kgf, maka besarnya gaya dalam satuan Newton adalah 101,46 N.

#### 4.2.2. Daya untuk Mengupas Kacang Hijau

Besarnya daya yang dipakai untuk mengupas kacang hijau dipengaruhi oleh besarnya gaya kupas, kecepatan kupas, dan jumlah pisau. Maka besarnya daya dapat dihitung dengan rumus (2-4):

$$P = T \cdot \omega$$

dimana :

$\omega$  = kecepatan sudut ( rad/s )

T = torsi ( Nm )

Besarnya gaya kupas (F) didapat dari percobaan sebesar 101,46 N, maka besarnya nilai torsi dapat diketahui:  
Dimana r adalah jari-jari pulley yang digerakkan didapat dari perhitungan Roby Ibnu 2016 dengan diameter 69 mm, jadi  $r = 34,5 \text{ mm} = 0,0345 \text{ m}$ .

$$\begin{aligned} T &= F \cdot r \\ &= 101,46 \text{ N} \cdot 0,0345 \text{ m} \\ &= 3,50 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Setelah torsi (T) diketahui maka kecepatan sudut ( $\omega$ ) dapat dicari dengan rumus:

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60}$$

dimana :

$$\begin{aligned} \omega &= \text{kecepatan sudut (rad/s)} \\ n &= \text{putaran poros (rpm)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{2\pi \cdot n}{60} \\ &= \frac{2\pi \cdot 300 \text{ rpm}}{60} \\ &= \frac{3141,59}{60} \\ &= 34,59 \text{ rad/s} \end{aligned}$$

Setelah torsi (T) dan kecepatan sudut ( $\omega$ ) diketahui, maka besarnya daya dapat dicari dengan rumus:

$$P = T \cdot \omega$$

$$= 3,50 \text{ Nm} \cdot 34,59 \text{ rad/s}$$

$$= 183,25 \text{ Watt}$$

$$= 0,34 \text{ Hp}$$

### 4.3 Motor Listrik

Dari perhitungan di atas didapatkan daya motor AC sebesar 0,34 Hp. Dalam aplikasinya, besarnya daya motor AC yang beredar dipasaran dibuat 0,5 HP. Jadi Daya mesin pengupas kulit kacang hijau ini dapat dipakai dengan daya motor 0,5 HP.

Kemudian didapatkan data motor AC sebagai berikut (lampiran 1 tabel A<sub>2</sub>):

- Daya motor listrik (P) = 0,5 HP = 0,3728 kW
- Putaran motor listrik ( $n_1$ ) = 925 rpm

### 4.4 Perencanaan Poros

Pada bagian pengupas terdapat 1 buah poros dan 1 buah pulley yang digerakkan, dimana terdapat 2 bantalan pada poros.

- Berat Beban

$$\begin{aligned} W_{\text{pulley}} &= 7 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 & W_{p5} &= 0,25 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 68,67 \text{ N} & &= 2,45 \text{ N} \end{aligned}$$

$$W_{\text{poros}} = 10,5 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \quad W_{p6} = 0,25 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$= 103,005 \text{ N}$$

$$= 2,45 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} W_{p1} &= 0,25 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 2,45 \text{ N} \end{aligned}$$

$$W_{p7} = 0,25 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$= 2,45 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} W_{p2} &= 0,25 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 2,45 \text{ N} \end{aligned}$$

$$W_{p8} = 0,25 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\begin{aligned} W_{p3} &= 0,25 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 2,45 \text{ N} \end{aligned}$$

$$= 2,45 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} W_{p4} &= 0,25 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 2,45 \text{ N} \end{aligned}$$

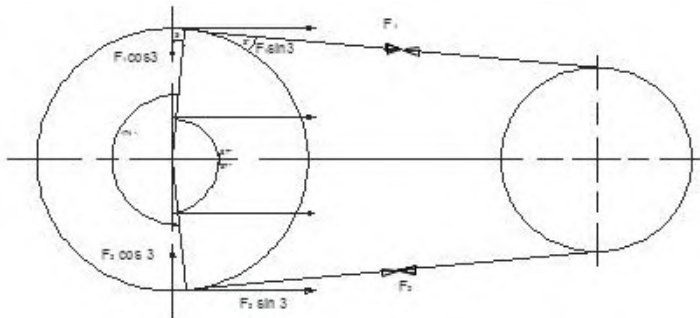
$$W_{p9} = 0,25 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$= 2,45 \text{ N}$$

#### 4.4.1 Momen Torsi ( $M_t$ )

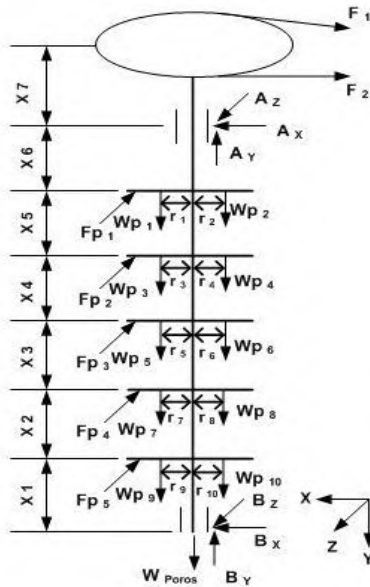
$$\begin{aligned} M_t &= 9,74 \times 10^5 \frac{\text{P}}{\text{Hz}} \\ &= 9,74 \times 10^5 \frac{0,372 \text{ kw}}{300 \text{ rpm}} \\ &= 1207,76 \text{ kgf.mm} \end{aligned}$$

Sudut kontak



Gambar 4.3 Sudut kontak

Free body diagram



Gambar 4.4 Free body diagram

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 x_1 &= 140 \text{ mm} = 0,14 \text{ m} & r_6 &= 55 \text{ mm} = 0,055 \text{ m} \\
 x_2 &= 140 \text{ mm} = 0,14 \text{ m} & r_7 &= 55 \text{ mm} = 0,055 \text{ m} \\
 x_3 &= 140 \text{ mm} = 0,14 \text{ m} & r_8 &= 55 \text{ mm} = 0,055 \text{ m} \\
 x_4 &= 140 \text{ mm} = 0,14 \text{ m} & r_9 &= 55 \text{ mm} = 0,055 \text{ m} \\
 x_5 &= 140 \text{ mm} = 0,14 \text{ m} & r_{10} &= 55 \text{ mm} = 0,055 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$x_6 = 140 \text{ mm} = 0,14 \text{ m} \quad F_1 = 12,04 \text{ kgf} = 118 \text{ N}$$

$$x_7 = 80 \text{ mm} = 0,08 \text{ m} \quad F_2 = 9,41 \text{ kgf} = 92,3 \text{ N}$$

$$r_1 = 55 \text{ mm} = 0,055 \text{ m} \quad F_{p1} = 20,26 \text{ N}$$

$$r_2 = 55 \text{ mm} = 0,055 \text{ m} \quad F_{p2} = 20,26 \text{ N}$$

$$r_3 = 55 \text{ mm} = 0,055 \text{ m} \quad F_{p3} = 20,26 \text{ N}$$

$$r_4 = 55 \text{ mm} = 0,055 \text{ m} \quad F_{p4} = 20,26 \text{ N}$$

$$r_5 = 55 \text{ mm} = 0,055 \text{ m} \quad F_{p5} = 20,26 \text{ N}$$

$$+\rightarrow \sum F_x = 0$$

$$\Delta F_p + A_x + B_x + F_1 + F_2 - F_r = 0$$

$$101,3 \text{ N} + 12,82 \text{ N} + (-1,83 \text{ N}) + 118 \text{ N} + 92,3 \text{ N} - F_r = 0$$

$$F_r = 322,59 \text{ N} = 72,52 \text{ lbf}$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$W_{poros} + W_{pulley} + (W_{pisau} \cdot 10) - F_a = 0$$

$$103,005 \text{ N} + 68,67 \text{ N} + (2,45 \text{ N} \cdot 10) - F_a = 0$$

$$F_a = 196,17 \text{ N} = 44,10 \text{ lbf}$$

Reaksi sumbu X

$$\curvearrowright + \sum MB = 0$$

$$B_X (0) - A_X (x_1+x_2+x_3+x_4+x_5+x_6) + F_1 \sin 3^\circ (x_1+x_2+x_3+x_4+x_5+x_6+x_7) + F_2 \sin 3^\circ (x_1+x_2+x_3+x_4+x_5+x_6+x_7) = 0$$

$$F_1 \sin 3^\circ (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7) + F_2 \sin 3^\circ (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7) = A_X (x_1+x_2+x_3+x_4+x_5+x_6)$$

$$118 \sin 3^\circ (0,14 + 0,14 + 0,14 + 0,14 + 0,14 + 0,14 + 0,08) \text{ m} - 92,3 \sin 3^\circ (0,14 + 0,14 + 0,14 + 0,14 + 0,14 + 0,14 + 0,08) \text{ m} = A_X (0,14+0,14+0,14+0,14+0,14+0,14) \text{ m}$$

$$6,17 \text{ N} (0,98 \text{ m}) + 4,83 \text{ N} (0,98 \text{ m}) = A_X (0,84 \text{ m})$$

$$A_X = \frac{10,77 \text{ Nm}}{0,84 \text{ m}}$$

$$= 12,82 \text{ N}$$

Jadi  $A_X$  diketahui sebesar 12,82 N

$$+ \leftarrow \sum Fx = 0$$

$$-F_1 \sin 3^\circ + F_2 \sin 3^\circ + A_x + B_x = 0$$

$$A_x + B_x = F_1 \sin 3^\circ + F_2 \sin 3^\circ$$

$$12,82 \text{ N} + B_x = 6,17 \text{ N} + 4,83 \text{ N}$$

$$B_x = 11 \text{ N} - 12,82 \text{ N}$$

$$= -1,82 \text{ N}$$



Jadi  $B_x$  diketahui sebesar  $-1,82 \text{ N}$

Reaksi sumbu Z

$$\curvearrowright + \sum MB = 0$$

$$B_Z (0) - F_{p1} (x_1) - F_{p2} (x_1+x_2) - F_{p3} (x_1+x_2+x_3) - F_{p4} (x_1+x_2+x_3+x_4) - F_{p5} (x_1+x_2+x_3+x_4+x_5) + A_Z (x_1+x_2+x_3+x_4+x_5+x_6) = 0$$

$$- A_Z (x_1+x_2+x_3+x_4+x_5+x_6) = F_{p1} (x_1) + F_{p2} (x_1+x_2) + F_{p3} (x_1+x_2+x_3) + F_{p4} (x_1+x_2+x_3+x_4) + F_{p5} (x_1+x_2+x_3+x_4+x_5)$$

$$- A_Z (0,84 \text{ m}) = 20,26 \text{ N} (0,14 \text{ m}) + 20,26 \text{ N} (0,28 \text{ m}) + 20,26 \text{ N} (0,42 \text{ m}) + 20,26 \text{ N} (0,56 \text{ m}) + 20,26 \text{ N} (0,7 \text{ m})$$

$$A_Z = 42,52 \text{ N}$$

Jadi  $A_Z$  diketahui sebesar  $42,52 \text{ N}$

$$\nearrow F_Z = 0$$

$$A_Z - F_{p1} - F_{p2} - F_{p3} - F_{p4} - F_{p5} + B_Z = 0$$

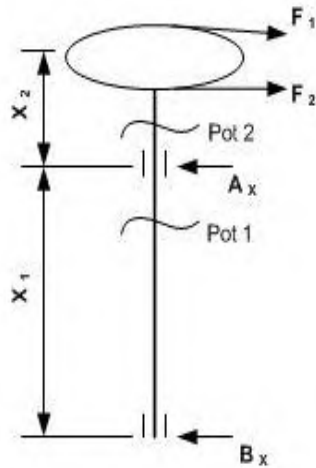
$$B_Z = F_{p1} + F_{p2} + F_{p3} + F_{p4} + F_{p5} - A_Z$$

$$B_Z = 20,26 \text{ N} + 20,26 \text{ N} + 20,26 \text{ N} + 20,26 \text{ N} + 20,26 \text{ N} - 42,52 \text{ N}$$

$$= 58,78 \text{ N}$$

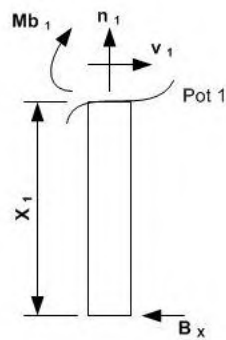
Jadi  $B_Z$  diketahui sebesar  $58,78 \text{ N}$

a) Potongan searah sumbu X



Gambar 4.5 Potongan searah sumbu X

Potongan 1 sumbu X



Gambar 4.6 Potongan 1 sumbu X

- Arah sumbu x

$$\leftarrow +\sum F_x = 0$$

$$B_X - V_1 = 0$$

$$V_1 = 1,82 \text{ N}$$

$$0 \leq x_1 \leq 0,84 \text{ m}$$

$$x_1 = 0$$

$$\curvearrowright +M_{pot\ 1} = 0$$

$$B_X(x_1) + Mb_1 = 0$$

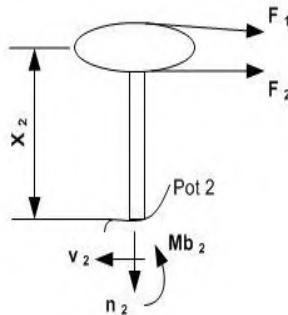
$$\begin{aligned} Mb_1 &= -B_X(x_1) \\ &= -1,82 \text{ N } (0 \text{ m}) \\ &= 0 \text{ Nm} \end{aligned}$$

$$x = 0,84 \text{ m}$$

$$\curvearrowright +M_{pot\ 1} = 0$$

$$B_X(x_1) + Mb_1 = 0$$

$$\begin{aligned} Mb_1 &= -B_X(x_1) \\ &= -(-1,82 \text{ N}) (0,84 \text{ m}) \\ &= 1,52 \text{ Nm} \end{aligned}$$



Potongan 2 sumbu X

Gambar 4.7 Potongan 2 sumbu X

- Arah sumbu x

$$\leftarrow +\sum F = 0$$

$$F_1 \sin 3^\circ - F_2 \sin 3^\circ + V_2 = 0$$

$$V_2 = F_1 \sin 3^\circ - F_2 \sin 3^\circ$$

$$= 118 \sin 3^\circ + 92,3 \sin 3^\circ$$

$$= 11,01 \text{ N}$$

$$0 \leq x_2 \leq 0,84 \text{ m}$$

$$\curvearrowright x = 0$$

$$+M_{pot\ 2} = 0$$

$$Mb_2 - F_1 \sin 3^\circ(x_1) - F_2 \sin 3^\circ(x_1) = 0$$

$$Mb_2 = F_1 \sin 3^\circ(x_1) + F_2 \sin 3^\circ(x_1)$$

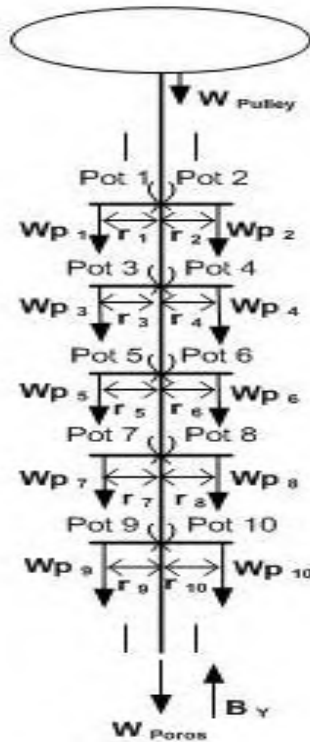
$$= 118 \sin 3^\circ(0) - 92,3 \sin 3^\circ(0)$$

$$= 0 \text{ Nm}$$

$$x = 0,84 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 +M_{pot\ 2} &= 0 \\
 \curvearrowright Mb_2 - F_1 \sin 3^\circ(x_1) + F_2 \sin 3^\circ(x_1) &= 0 \\
 Mb_2 &= 118 \sin 3^\circ(0,84\ m) \\
 &+ 92,3 \sin 3^\circ(0,84\ m) \\
 &= 9,23\ Nm
 \end{aligned}$$

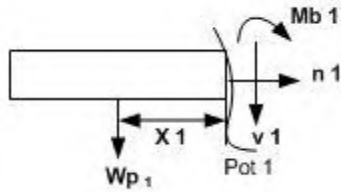
b) Potongan searah sumbu Y



Gambar 4.8 Potongan searah sumbu Y

❖ Potongan pisau 1 dan 2

*Potongan pisau 1*



Gambar 4.9 Potongan pisau 1

- Arah sumbu y

$$\downarrow + \sum F_Y = 0$$

$$Wp_1 + V_1 = 0$$

$$-V_1 = Wp_1$$

$$= 2,45 N$$

$$V_1 = -2,45 N$$

$$0 \leq x_1 \leq 0,055 m$$

$$x = 0$$

$$\curvearrowright + M_{pot\ 1} = 0$$

$$-Wp_1(x_1) + Mb_1 = 0$$

$$Mb_1 = Wp_1(x_1)$$

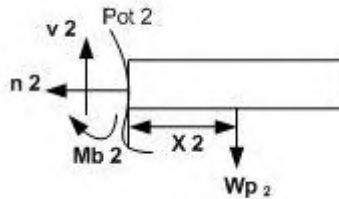
$$= (2,45 N)(0)$$

$$= 0 Nm$$

$$x = 0,055 m$$

$$\begin{aligned}
 \curvearrowright +M_{pot\ 1} &= 0 \\
 -Wp_1(x_1) + Mb_1 &= 0 \\
 Mb_1 &= Wp_1(x_1) \\
 &= 2,45\ N(0,055\ m) \\
 &= 0,134\ Nm
 \end{aligned}$$

Potongan pisau 2



Gambar 4.10 Potongan pisau 2

- Arah sumbu y  
 $\downarrow +\Sigma F_y = 0$   
 $Wp_2 - V_2 = 0$   
 $V_2 = Wp_2$   
 $= 2,45\ N$   
 $= 2,45\ N$

$$0\ m \leq x_2 \leq 0,055\ m$$

$$\begin{aligned}
 x_2 &= 0\ m \\
 \curvearrowright +M_{pot\ 2} &= 0 \\
 -Wp_2(x_2) + Mb_2 &= 0 \\
 Mb_2 &= Wp_2(x_2) \\
 Mb_2 &= 2,45\ N(0\ m)
 \end{aligned}$$

$$= 0 \text{ Nm}$$

$$x_2 = 0,055 \text{ m}$$

$$\curvearrowright +M_{pot\ 2} = 0$$

$$-Wp_2(x_2) + Mb_2 = 0$$

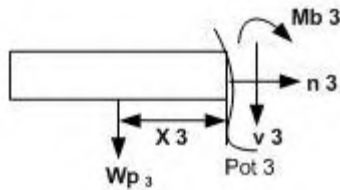
$$Mb_2 = Wp_2(x_2)$$

$$Mb_2 = 2,45 \text{ N}(0,055 \text{ m})$$

$$= 0,134 \text{ Nm}$$

❖ Potongan pisau 3 dan 4

*Potongan pisau 3*



Gambar 4.11 Potongan pisau 3

- Arah sumbu y

$$\downarrow + \Sigma F_y = 0$$

$$Wp_3 + V_3 = 0$$

$$-V_3 = Wp_3$$

$$= 2,45 \text{ N}$$

$$V_3 = -2,45 \text{ N}$$

$$0 \text{ m} \leq x_3 \leq 0,055 \text{ m}$$

$$x_3 = 0 \text{ m}$$

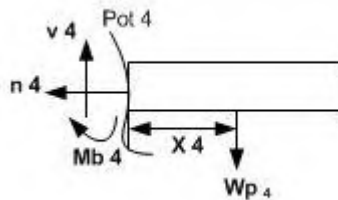
$$\curvearrowright +M_{pot\ 3} = 0$$



$$\begin{aligned}
 -Wp_3(x_3) + Mb_3 &= 0 \\
 Mb_3 &= Wp_3(x_3) \\
 Mb_3 &= 2,45 \text{ N}(0 \text{ m}) \\
 &= 0 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_3 &= 0,055 \text{ m} \\
 \curvearrowright +M_{pot\ 3} &= 0 \\
 -Wp_3(x_3) + Mb_3 &= 0 \\
 Mb_3 &= Wp_3(x_3) \\
 Mb_3 &= 2,45 \text{ N}(0,055 \text{ m}) \\
 &= 0,134 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

*Potongan pisau 4*



Gambar 4.12 Potongan pisau 4

- Arah sumbu y  
 $\downarrow + \Sigma F_y = 0$   
 $Wp_4 - V_4 = 0$   
 $V_4 = Wp_4$   
 $= 2,45 \text{ N}$   
 $V_4 = 2,45 \text{ N}$

$$0 \text{ m} \leq x_4 \leq 0,055 \text{ m}$$

$$x_4 = 0,055 \text{ m}$$

$$\curvearrowright +M_{pot\ 4} = 0$$

$$-Wp_4(x_4) + Mb_4 = 0$$

$$Mb_4 = Wp_4(x_4)$$

$$Mb_4 = 2,45 \text{ N}(0 \text{ m})$$

$$= 0 \text{ Nm}$$

$$x_4 = 0,055 \text{ m}$$

$$\curvearrowright +M_{pot\ 4} = 0$$

$$-Wp_4(x_4) + Mb_4 = 0$$

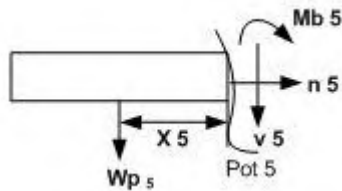
$$Mb_4 = Wp_4(x_4)$$

$$Mb_4 = 2,45 \text{ N}(0,055 \text{ m})$$

$$= 0,134 \text{ Nm}$$

❖ Potongan pisau 5 dan 6

*Potongan pisau 5*



Gambar 4.13 Potongan pisau 5

- Arah sumbu y

$$\downarrow +\Sigma F_y = 0$$

$$Wp_5 + V_5 = 0$$

$$-V_5 = Wp_5$$

$$-V_5 = 2,45 \text{ N}$$

$$V_5 = 2,45 \text{ N}$$

$$0 \text{ m} \leq x_5 \leq 0,055 \text{ m}$$

$$x_5 = 0,055 \text{ m}$$

$$\curvearrowright +M_{pot\ 5} = 0$$

$$-Wp_5(x_5) + Mb_5 = 0$$

$$Mb_5 = Wp_5(x_5)$$

$$Mb_5 = 2,45 \text{ N}(0 \text{ m})$$

$$= 0 \text{ Nm}$$

$$x_5 = 0,055 \text{ m}$$

$$\curvearrowright +M_{pot\ 5} = 0$$

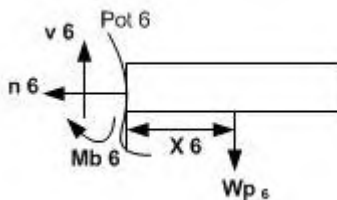
$$-Wp_5(x_5) + Mb_5 = 0$$

$$Mb_5 = Wp_5(x_5)$$

$$Mb_5 = 2,45 \text{ N}(0,055 \text{ m})$$

$$= 0,134 \text{ Nm}$$

*Potongan pisau 6*



Gambar 4.14 Potongan pisau 6

- Arah sumbu y

$$\downarrow + \Sigma F_y = 0$$

$$Wp_6 - V_6 = 0$$

$$V_6 = Wp_6$$

$$V_6 = 2,45 \text{ N}$$

$$= 2,45 \text{ N}$$

$$0 \text{ m} \leq x_6 \leq 0,055 \text{ m}$$

$$x_6 = 0,055 \text{ m}$$

$$\curvearrowright + M_{pot\ 6} = 0$$

$$-Wp_6(x_6) + Mb_6 = 0$$

$$Mb_6 = Wp_6(x_6)$$

$$Mb_6 = 2,45 \text{ N}(0 \text{ m})$$

$$= 0 \text{ Nm}$$

$$x_6 = 0,055 \text{ m}$$

$$\curvearrowright + M_{pot\ 6} = 0$$

$$-Wp_6(x_6) + Mb_6 = 0$$

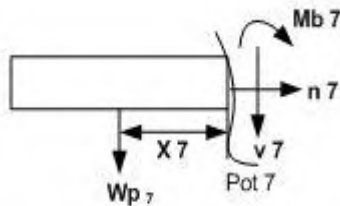
$$Mb_6 = Wp_6(x_6)$$

$$Mb_6 = 2,45 \text{ N}(0,055 \text{ m})$$

$$= 0,134 \text{ Nm}$$

❖ Potongan pisau 7 dan 8

*pisau*



7

*Potongan*

Gambar 4.15 Potongan 7 sumbu Y

- Arah sumbu y

$$\downarrow + \Sigma F_y = 0$$

$$Wp_7 + V_7 = 0$$

$$-V_7 = Wp_7$$

$$-V_7 = 2,45 \text{ N}$$

$$V_7 = -2,45 \text{ N}$$

$$0 \text{ m} \leq x_7 \leq 0,055 \text{ m}$$

$$x_7 = 0 \text{ m}$$

$$\curvearrowright +M_{pot\ 7} = 0$$

$$-Wp_7(x_7) + Mb_7 = 0$$

$$Mb_7 = Wp_7(x_7)$$

$$Mb_6 = 2,45 \text{ N}(0 \text{ m})$$

$$= 0 \text{ Nm}$$

$$x_7 = 0,055 \text{ m}$$

$$\curvearrowright +M_{pot\ 7} = 0$$

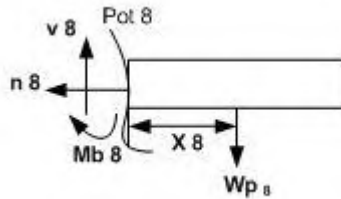
$$-Wp_7(x_7) + Mb_7 = 0$$

$$Mb_7 = Wp_7(x_7)$$

$$Mb_7 = 2,45 \text{ N}(0,055 \text{ m})$$

$$= 0,134 \text{ Nm}$$

*Potongan pisau 8*



Gambar 4.16 Potongan pisau 8

- Arah sumbu y

$$\downarrow + \Sigma F_y = 0$$

$$Wp_8 - V_8 = 0$$

$$V_8 = Wp_8$$

$$V_8 = 2,45 \text{ N}$$

$$= 2,45 \text{ N}$$

$$0 \text{ m} \leq x_8 \leq 0,055 \text{ m}$$

$$x_8 = 0 \text{ m}$$

$$\curvearrowright + M_{pot\ 8} = 0$$

$$-Wp_8(x_8) + Mb_8 = 0$$

$$Mb_8 = Wp_8(x_8)$$

$$Mb_8 = 2,45 \text{ N}(0 \text{ m})$$

$$= 0 \text{ Nm}$$

$$x_8 = 0,055 \text{ m}$$

$$\curvearrowright + M_{pot\ 8} = 0$$

$$-Wp_8(x_8) + Mb_8 = 0$$

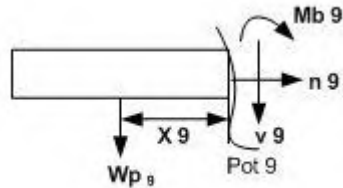
$$Mb_8 = Wp_8(x_8)$$

$$Mb_8 = 2,45 \text{ N}(0,055 \text{ m})$$

$$= 0,134 \text{ Nm}$$

❖ Potongan pisau 9 dan 10

*Potongan pisau 9*



Gambar 4.17 Potongan pisau 9

- Arah sumbu y

$$\downarrow + \Sigma F_y = 0$$

$$Wp_9 + V_9 = 0$$

$$-V_9 = Wp_9$$

$$-V_9 = 2,45 \text{ N}$$

$$V_9 = -2,45 \text{ N}$$

$$0 \text{ m} \leq x_9 \leq 0,055 \text{ m}$$

$$x_9 = 0 \text{ m}$$

$$\curvearrowright + M_{pot\ 9} = 0$$

$$-Wp_9(x_9) + Mb_9 = 0$$

$$Mb_9 = Wp_9(x_9)$$

$$Mb_9 = 2,45 \text{ N}(0 \text{ m})$$

$$= 0 \text{ Nm}$$

$$x_9 = 0,055 \text{ m}$$

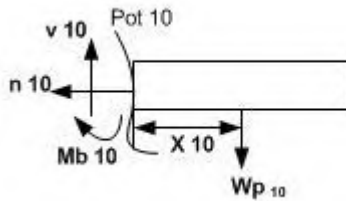
$$\curvearrowright + M_{pot\ 9} = 0$$

$$-Wp_9(x_9) + Mb_9 = 0$$

$$Mb_9 = Wp_9(x_9)$$

$$\begin{aligned}
 Mb_9 &= 2,45 \text{ N}(0,055 \text{ m}) \\
 &= 0,134 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

### Potongan pisau 10



Gambar 4.18 Potongan pisau 10

- Arah sumbu y

$$\downarrow + \Sigma F_y = 0$$

$$Wp_{10} - V_{10} = 0$$

$$V_{10} = Wp_{10}$$

$$V_{10} = 2,45 \text{ N}$$

$$= 2,45 \text{ N}$$

$$0 \text{ m} \leq x_{10} \leq 0,055 \text{ m}$$

$$x_{10} = 0 \text{ m}$$

$$\curvearrowright + M_{pot\ 10} = 0$$

$$-Wp_{10}(x_{10}) + Mb_{10} = 0$$

$$Mb_{10} = Wp_{10}(x_{10})$$

$$Mb_{10} = 2,45 \text{ N}(0 \text{ m})$$

$$= 0 \text{ Nm}$$

$$x_{10} = 0,055 \text{ m}$$

$$\curvearrowright + M_{pot\ 10} = 0$$



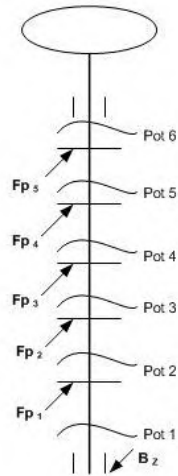
$$-Wp_{10}(x_{10}) + Mb_{10} = 0$$

$$Mb_{10} = Wp_{10}(x_{10})$$

$$Mb_{10} = 2,45 \text{ N}(0,055 \text{ m})$$

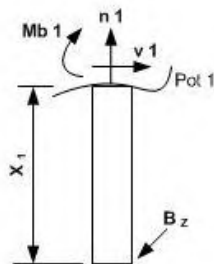
$$= 0,134 \text{ Nm}$$

c) Potongan searah sumbu z



Gambar 4.19 Potongan searah sumbu z

Potongan 1 sumbu z



Gambar 4.20 Potongan 1 sumbu z

- Arah sumbu z

$$\nearrow + \Sigma F_z = 0$$

$$0 \text{ m} \leq x_1 \leq 0,14 \text{ m}$$

$$\curvearrowright x_1 = 0 \text{ m}$$

$$+M_{pot 1} = 0$$

$$-B_z(x_1) + Mb_1 = 0$$

$$Mb_1 = B_z(x_1)$$

$$= 0 \text{ Nm}$$

$$\curvearrowright x_1 = 0,14 \text{ m}$$

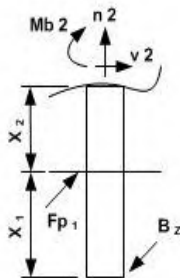
$$+M_{pot 1} = 0$$

$$-B_z(x_1) + Mb_1 = 0$$

$$Mb_1 = B_z(x_1)$$

$$= 8,22 \text{ Nm}$$

Potongan 2 sumbu z



Gambar 4.21 Potongan 2 sumbu Z

- Arah sumbu z

$$\swarrow + \Sigma F_z = 0$$

$$0,14 \text{ m} \leq x_2 \leq 0,28 \text{ m}$$

$$x_2 = 0,14 \text{ m}$$

$$\curvearrowright + M_{pot\ 2} = 0$$

$$-B_z(x_1 + x_2) + Fp_1(x_2) + Mb_2 = 0$$

$$\begin{aligned} Mb_2 &= B_z(x_1 + x_2) - Fp_1(x_2) \\ &= 8,32 \text{ Nm} \end{aligned}$$

$$x_2 = 0,28 \text{ m}$$

$$\curvearrowright + M_{pot\ 2} = 0$$

$$-B_z(x_1 + x_2) + Fp_1(x_2) + Mb_2 = 0$$

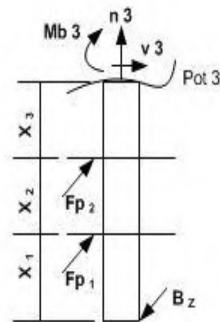
$$Mb_2 = B_z(x_1 + x_2) - Fp_1(x_2)$$

$$= 68,67 \text{ N}(0,14 + 0,28)\text{m}$$

$$- 20,26 \text{ N}(0,28 \text{ m})$$

$$= 19,01 \text{ Nm}$$

Potongan 3 sumbu z



Gambar 4.22 Potongan 3 sumbu Z

- Arah sumbu z

$$\swarrow +\Sigma F_z = 0$$

$$0,28 \text{ m} \leq x_3 \leq 0,42 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} x_3 &= 0,28 \text{ m} \\ \curvearrowright +M_{pot\ 3} &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} -B_Z(x_1 + x_2 + x_3) + Fp_1(x_2 + x_3) \\ + Fp_2(x_2 + x_3) + Mb_3 &= 0 \end{aligned}$$

$$Mb_3$$

$$\begin{aligned} &= B_Z(x_1 + x_2 + x_3) \\ &- Fp_1(x_2 + x_3) \\ &- Fp_2(x_2 + x_3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 68,67 \text{ N}(0,14 + 0,14 \\ &+ 0,28)\text{m} \\ &- 20,26 \text{ N}(0,14 + 0,28)\text{m} \\ &- 20,26 \text{ N}(0,14 + 0,28)\text{m} \end{aligned}$$

$$= 20,45 \text{ Nm}$$

$$\begin{aligned} x_3 &= 0,42 \text{ m} \\ \curvearrowright +M_{pot\ 3} &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} -B_Z(x_1 + x_2 + x_3) + Fp_1(x_2 + x_3) \\ + Fp_2(x_2 + x_3) + Mb_3 &= 0 \end{aligned}$$

$$Mb_3$$

$$= B_z(x_1 + x_2 + x_3)$$

$$- Fp_1(x_2 + x_3)$$

$$- Fp_2(x_2 + x_3)$$

$$= 68,67 \text{ N}(0,14 + 0,14$$

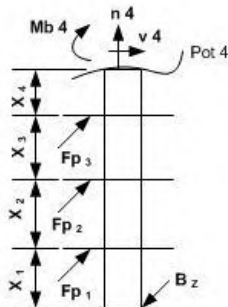
$$+ 0,42) \text{ m}$$

$$- 20,26 \text{ N}(0,14 + 0,42) \text{ m}$$

$$- 20,26 \text{ N}(0,14 + 0,42) \text{ m}$$

$$= 25,38 \text{ Nm}$$

Potongan 4 sumbu z



Gambar 4.23 Potongan 4 sumbu Z

- Arah sumbu z

$$\nearrow + \Sigma F_z = 0$$

$$0,42 \text{ m} \leq x_4 \leq 0,56 \text{ m}$$

$$x_4 = 0,42 \text{ m}$$



$$\begin{aligned}
& +M_{pot\ 4} = 0 \\
& -B_Z(x_1 + x_2 + x_3 + x_4) + Fp_1(x_2 + x_3 + x_4) \\
& \quad + Fp_2(x_2 + x_3 + x_4) \\
& \quad + Fp_3(x_4) + Mb_4 = 0
\end{aligned}$$

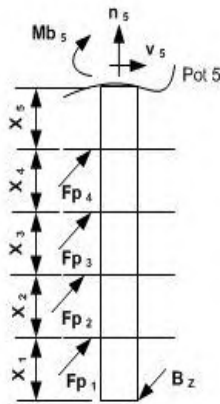
$$\begin{aligned}
Mb_4 & \\
& = B_Z(x_1 + x_2 + x_3 + x_4) \\
& \quad - Fp_1(x_2 + x_3 + x_4) \\
& \quad - Fp_2(x_2 + x_3 + x_4) \\
& \quad - Fp_3(x_4) \\
& \\
& = 68,67\ N(0,14 + 0,14 + 0,14 \\
& \quad + 0,42)m \\
& \quad - 20,26\ N(0,14 + 0,14 \\
& \quad + 0,42)m \\
& \quad - 20,26\ N(0,14 + 0,14 \\
& \quad + 0,42)m - 20,26\ N(0,42\ m) \\
& = 25,38\ Nm
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \overset{x_4 = 0,56\ m}{\curvearrowright} +M_{pot\ 4} = 0 \\
& -B_Z(x_1 + x_2 + x_3 + x_4) + Fp_1(x_2 + x_3 + x_4) \\
& \quad + Fp_2(x_2 + x_3 + x_4) \\
& \quad + Fp_3(x_4) + Mb_4 = 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Mb_4 & \\
& = B_Z(x_1 + x_2 + x_3 + x_4) \\
& \quad - Fp_1(x_2 + x_3 + x_4) \\
& \quad - Fp_2(x_2 + x_3 + x_4) \\
& \quad - Fp_3(x_4)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 68,67 \text{ N}(0,14 + 0,14 + 0,14 \\
&\quad + 0,56) \text{ m} \\
&\quad - 20,26 \text{ N}(0,14 + 0,14 \\
&\quad + 0,56) \text{ m} \\
&\quad - 20,26 \text{ N}(0,14 + 0,14 \\
&\quad + 0,56) \text{ m} - 20,26 \text{ N}(0,56 \text{ m}) \\
&= 24,76 \text{ Nm}
\end{aligned}$$

Potongan 5 sumbu z



Gambar 4.24 Potongan 5 sumbu Z

- Arah sumbu z

$$\swarrow +\Sigma F_z = 0$$

$$0,56 \text{ m} \leq x_5 \leq 0,7 \text{ m}$$

$$x_5 = 0,56 \text{ m}$$

$$\curvearrowright +M_{pot\ 5} = 0$$

$$\begin{aligned} & -B_Z(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5) \\ & \quad + Fp_1(x_2 + x_3 + x_4 + x_5) \\ & \quad + Fp_2(x_2 + x_3 + x_4 + x_5) \\ & \quad + Fp_3(x_4 + x_5) + Fp_4(x_5) \\ & \quad + Mb_5 = 0 \end{aligned}$$

$$Mb_5$$

$$\begin{aligned} & = B_Z(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5) \\ & \quad - Fp_1(x_2 + x_3 + x_4 + x_5) \\ & \quad - Fp_2(x_2 + x_3 + x_4 + x_5) \\ & \quad - Fp_3(x_4 + x_5) - Fp_4(x_5) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & = 68,67 \text{ N}(0,14 + 0,14 + 0,14 \\ & \quad + 0,14 + 0,56)\text{m} \\ & \quad - 20,26 \text{ N}(0,14 + 0,14 + 0,14 \\ & \quad + 0,56)\text{m} \\ & \quad - 20,26 \text{ N}(0,14 + 0,14 + 0,14 \\ & \quad + 0,56)\text{m} \\ & \quad - 20,26 \text{ N}(0,14 + 0,56)\text{m} \\ & \quad - 20,26 \text{ N}(0,56 \text{ m}) \end{aligned}$$

$$= 24,76 \text{ Nm}$$

$$x_5 = 0,7 \text{ m}$$

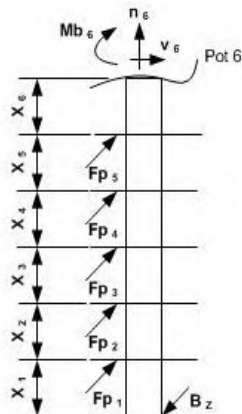
$$\curvearrowright +M_{pot\ 5} = 0$$



$$\begin{aligned}
 & -B_Z(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5) \\
 & + Fp_1(x_2 + x_3 + x_4 + x_5) \\
 & + Fp_2(x_2 + x_3 + x_4 + x_5) \\
 & + Fp_3(x_4 + x_5) + Fp_4(x_5) \\
 & + Mb_5 = 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mb_5 & = B_Z(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5) \\
 & - Fp_1(x_2 + x_3 + x_4 + x_5) \\
 & - Fp_2(x_2 + x_3 + x_4 + x_5) \\
 & - Fp_3(x_4 + x_5) - Fp_4(x_5) \\
 & = 68,67 \text{ N}(0,14 + 0,14 + 0,14 \\
 & + 0,14 + 0,7)m \\
 & - 20,26 \text{ N}(0,14 + 0,14 + 0,14 \\
 & + 0,7)m \\
 & - 20,26 \text{ N}(0,14 + 0,14 + 0,14 \\
 & + 0,7)m \\
 & - 20,26 \text{ N}(0,14 + 0,7)m \\
 & - 20,26 \text{ N}(0,7 \text{ m}) \\
 & = 12,89 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Potongan 6 sumbu z



Gambar 4.25 Potongan 6 sumbu Z

- Arah sumbu z

$$\swarrow +\Sigma F_z = 0$$

$$0,7 \text{ m} \leq x_5 \leq 0,84 \text{ m}$$

$$x_6 = 0,7 \text{ m}$$

$$\curvearrowright +M_{pot\ 6} = 0$$

$$\begin{aligned} -B_Z(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6) \\ + Fp_1(x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6) \\ + Fp_2(x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6) \\ + Fp_3(x_4 + x_5 + x_6) + Fp_4(x_5 \\ + x_6) + Fp_5(x_6) + Mb_6 = 0 \end{aligned}$$

$$Mb_6$$

$$\begin{aligned} = B_Z(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \\ + x_6) \\ - Fp_1(x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6) \\ - Fp_2(x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6) \\ - Fp_3(x_4 + x_5 + x_6) - Fp_4(x_5 \\ + x_6) + Fp_5(x_6) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 68,67 \, N(0,14 + 0,14 + 0,14 \\
&\quad + 0,14 + 0,14 + 0,7)m \\
&\quad - 20,26 \, N(0,14 + 0,14 + 0,14 \\
&\quad + 0,14 + 0,7)m \\
&\quad - 20,26 \, N(0,14 + 0,14 + 0,14 \\
&\quad + 0,14 + 0,7)m \\
&\quad - 20,26 \, N(0,14 + 0,14 \\
&\quad + 0,7)m \\
&\quad - 20,26 \, N(0,14 + 0,7)m \\
&\quad - 20,26 \, N(0,7 \, m) \\
&= 12,89 \, Nm
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&\overset{x_6 = 0,84 \, m}{\curvearrowright} +M_{pot \, 6} = 0 \\
&\quad -B_Z(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6) \\
&\quad \quad + Fp_1(x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6) \\
&\quad \quad + Fp_2(x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6) \\
&\quad \quad + Fp_3(x_4 + x_5 + x_6) + Fp_4(x_5 \\
&\quad \quad + x_6) + Fp_5(x_6) + Mb_6 = 0 \\
&Mb_6 \\
&= B_Z(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \\
&\quad + x_6) \\
&\quad - Fp_1(x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6) \\
&\quad - Fp_2(x_3 + x_4 + x_5 + x_6) \\
&\quad - Fp_3(x_4 + x_5 + x_6) \\
&\quad - Fp_4(x_5 + x_6) - Fp_5(x_6)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 68,67 \text{ N}(0,14 + 0,14 + 0,14 \\
&\quad + 0,14 + 0,14 + 0,84)m \\
&\quad - 20,26 \text{ N}(0,14 + 0,14 + 0,14 \\
&\quad + 0,14 + 0,84)m \\
&\quad - 20,26 \text{ N}(0,14 + 0,14 + 0,14 \\
&\quad + 0,84)m \\
&\quad - 20,26 \text{ N}(0,14 + 0,14 \\
&\quad + 0,84)m \\
&\quad - 20,26 \text{ N}(0,14 + 0,84)m \\
&\quad - 20,26 \text{ N}(0,84 \text{ m}) \\
&= 7,68 \text{ Nm}
\end{aligned}$$

#### 4.4.2 Momen bending pada poros pengupas

Momen bending terbesar pada poros adalah resultan dari momen bending sumbu X poros (horizontal) dan sumbu Y (vertikal). Nilai momen bending yang digunakan pada tiap-tiap sumbu adalah momen bending paling besar.

$$M_B = \sqrt{(M_{BX})^2 + (M_{BY})^2}$$

diketahui :

$$M_{BX} = 9,23 \text{ Nm}$$

$$M_{BY} = 0,134 \text{ Nm}$$

$$\begin{aligned}
M_B &= \sqrt{(M_{BX})^2 + (M_{BY})^2} \\
&= \sqrt{(9,23 \text{ Nm})^2 + (0,134 \text{ Nm})^2} \\
&= \sqrt{85,20 \text{ Nm}}
\end{aligned}$$

$$= 9,23 \text{ Nm}$$

$$= 9230 \text{ Nmm} = 941 \text{ kgf.mm}$$

#### 4.4.3 Perhitungan Diameter Poros Pengupas

Untuk mencari nilai diameter ijin minimal pada poros, dapat diketahui menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}\sigma_{max} &= \sqrt{\left(\frac{16M_B}{\pi.d^3}\right)^2 + \left(\frac{16M_t}{\pi.d^3}\right)^2} \leq \frac{ks \cdot \sigma_{yp}}{N} \\ &= \left(\frac{16M_B}{\pi.d^3}\right)^2 + \left(\frac{16M_t}{\pi.d^3}\right)^2 \leq \left(\frac{ks \cdot \sigma_{yp}}{N}\right)^2 \\ &= \frac{16^2 M_B^2 + 16^2 M_t^2}{\pi^2 d^6} \leq \frac{ks^2 \cdot \sigma_{yp}^2}{N^2} \\ d &\geq \sqrt[6]{\frac{16^2 \cdot M_B^2 + 16^2 \cdot M_t^2}{\pi^2 \left(\frac{ks \cdot S_{yp}}{N}\right)^2}}\end{aligned}$$

dimana :

$$\begin{aligned}\sigma_{yp} &= \text{Tegangan ijin bahan menggunakan ST 40} \\ &\text{yang mempunyai nilai } (\sigma_{yp} = 29,87 \text{ kgf/mm}^2) \\ M_B &= \text{Momen bending pada poros (941 kgf.mm)}\end{aligned}$$

$M_t$  = Moment torsi poros (1207,76 kgf.mm)  
 $N$  = Angka keamanan (3)  
 $ks$  = Faktor koreksi (0,7)

sehingga nilai diameter poros minimum dapat diketahui dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 d &\geq \sqrt[6]{\frac{16^2 \cdot M_B^2 + 16^2 \cdot M_t^2}{\pi^2 \left( \frac{ks \cdot S_{yp}}{N} \right)^2}} \\
 d &\geq \sqrt[6]{\frac{16^2 (941 \text{ kgf. mm})^2 + 16^2 (1207,76 \text{ kgf. mm})^2}{\pi^2 \left( \frac{0,7 \cdot 29,87 \text{ kgf/mm}^2}{3} \right)^2}} \\
 &\geq \sqrt[6]{\frac{256(885481 \text{ kgf. mm}) + 256(1458648,21 \text{ kgf. mm})}{479,42 \text{ kgf/mm}^2}} \\
 &\geq \sqrt[6]{\frac{785676413,4 \text{ kgf. mm} + 373413941,8 \text{ kgf. mm}}{479,42 \text{ kgf/mm}^2}} \\
 &\geq \sqrt[6]{1251871,29 \text{ mm}} \\
 &\geq 10,38 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### 4.5 Perhitungan Bantalan

Poros mesin diketahui mempunyai diameter 1 = 25 mm dan diameter 2 = 20 mm sehingga pemilihan bearing dipilih bearing jenis gelinding (ball – single row – deep groove) dengan number 6204 dan 6205, dan dari pemilihan tersebut didapat data-data sebagai berikut:

| Bantalan 1     |           | Bantalan 2     |           |
|----------------|-----------|----------------|-----------|
| D              | = 52 mm   | D              | = 47 mm   |
| B              | = 15 mm   | B              | = 14 mm   |
| C <sub>0</sub> | = 1610 lb | C <sub>0</sub> | = 1400 lb |
| C              | = 2430 lb | C              | = 2210 lb |

Data lain yang diperlukan dalam perhitungan bantalan adalah:

V = 1 (ring dalam yang berputar)

b = 3 (untuk bantalan gelinding)

F<sub>s</sub> = 1,0 (service factors, tabel 2.3)

Untuk menghitung umur bearing/bantalan dapat dilakukan perhitungan menggunakan rumus (2-11) :

$$L_{10h} = \left( \frac{C}{P} \right)^b \times \frac{10^6}{60 \cdot n}$$

dimana:

L<sub>10h</sub> = umur bantalan (jam kerja)

n = putaran poros (rpm)

= 300 rpm

Untuk mencari nilai C dapat dilihat pada (lampiran 4 tabel D<sub>3</sub>). Disini bantalan 1 dan 2 yang digunakan adalah bantalan jenis gelinding (ball – single row – deep groove)

sehingga nilai  $C = 2430 \text{ lb}$ , sedangkan bantalan 2 memiliki nilai  $C = 2210 \text{ lb}$ .

#### 4.5.1. Perhitungan Beban Ekvivalen

Selanjutnya yang akan dicari adalah beban ekuivalen ( $P$ ). Untuk mencari beban ekuivalen dapat dihitung menggunakan rumus (2-13):

$$P = F_s(V.X.F_r + Y.F_a)$$

Mencari  $e$

$$\frac{1.F_a}{C_o} = \frac{1 \times 44,10}{1400} = 0,041$$

$\Rightarrow 0,056$  (*nilai paling mendekati di lamp. 4 tabel  $D_1$* )

Mencari  $X$  dan  $Y$

$$\frac{F_a}{V.F_r} > e$$

$$\frac{44,10}{1.72,52} = 0,498 > e$$

Jadi nilai  $X$  dan  $Y$  adalah nilai yang ada pada lampiran 4 tabel  $D_1$  beban ekuivalen bearing, yaitu:

$$X = 0,56$$

$$Y = 1,00$$

Jadi besar beban ekuivalen dapat diketahui:

$$\begin{aligned}
 P &= F_s(V.X.F_r + Y.F_a) \\
 &= 1,0 (1.0,56.72,52 \text{ lbf} + 1,00.44,10 \text{ lbf}) \\
 &= 1,0 (40,61 \text{ lbf} + 44,1 \text{ lbf})
 \end{aligned}$$



$$= 84,71 \text{ lbf}$$

#### 4.5.2. Umur Bantalan

##### 1. Bantalan 1

Direncanakan dengan diameter- dalam *bearing* = (25 mm).

$$\begin{aligned} L_{10h} &= \left( \frac{C_1}{P} \right)^b \times \frac{10^6}{60 \cdot n} \\ &= \left( \frac{2430 \text{ lb}}{84,71 \text{ lbf}} \right)^3 \times \frac{10^6}{60.300 \text{ rpm}} \text{ jam kerja} \\ &= 23605,58 \times \frac{1000000}{18000} \text{ jam kerja} \\ &= 1.311.421,41 \text{ jam kerja} \end{aligned}$$

Jadi umur bantalan 1 dapat diketahui sebesar 1.311.421,41 jam kerja.

##### 2. Bantalan 2

Direncanakan dengan diameter- dalam *bearing* = (20 mm).

$$\begin{aligned} L_{10h} &= \left( \frac{C_2}{P} \right)^b \times \frac{10^6}{60 \cdot n} \\ &= \left( \frac{2210 \text{ lb}}{84,71 \text{ lbf}} \right)^3 \times \frac{10^6}{60.300 \text{ rpm}} \text{ jam kerja} \\ &= 17757,13 \times \frac{1000000}{18000} \text{ jam kerja} \end{aligned}$$

= 986.507,22 jam kerja

Jadi umur bantalan 2 dapat diketahui sebesar 986.507,22 jam kerja.

#### **4.6 Hasil Rancangan Alat**

Setelah dilakukan hasil perhitungan maupun observasi di lapangan, maka pengadaan alat sangat diperlukan untuk mendukung terciptanya mesin pengupas kulit kacang hijau.





Gambar 4.26 Foto mesin pengupas kulit kacang hijau

#### 4.7 Hasil Percobaan

Setelah alat pengupas kulit kacang hijau jadi, langkah selanjutnya adalah melakukan percobaan pengupasan kacang hijau. Dibawah ini adalah hasil percobaan dengan menggunakan mesin tersebut.

Tabel 4.2 Hasil Percobaan Mesin Pengupasan Kulit Kacang Hijau dengan Kapasitas Percobaan 5 kg per proses.

| No. | Percobaan | Waktu Percobaan<br>(min) |
|-----|-----------|--------------------------|
| 1.  | I         | 2,05                     |
| 2.  | II        | 2,34                     |
| 3.  | III       | 2,40                     |

|    |           |       |
|----|-----------|-------|
| 4. | IV        | 2,30  |
| 5. | V         | 2,23  |
|    | Rata-rata | 2,264 |

Dari tabel 4.2 bisa didapatkan kapasitas mesin perhitungan berikut:

$$Q = \frac{m}{t} \cdot 60 \frac{\text{menit}}{\text{jam}}$$

dimana:

m = massa (kg)

t = waktu (menit)

$$Q = \frac{m}{t} \cdot 60 \frac{\text{menit}}{\text{jam}}$$

$$Q = \frac{5 \text{ kg}}{2,264 \text{ menit}} \cdot 60 \frac{\text{menit}}{\text{jam}}$$

$$= 132,50 \text{ kg/jam}$$

Jadi kapasitas produksi yang mampu dihasilkan oleh mesin pengupas kulit kacang hijau ini sebesar 132,508 kg/jam.

#### 4.8 Pembahasan

Volume kacang hijau yang dapat masuk kedalam tabung sebesar 42.945,21 cm<sup>3</sup>. Kemudian daya motor AC penggerak alat pengupas kulit kacang hijau pasca panen didapat dari perhitungan diatas yaitu sebesar 0,34 Hp. Jadi pada alat pengupas kulit kacang hijau pasca panen ini menggunakan daya motor AC sebesar 0,5 Hp sesuai dengan yang ada di pasaran.

Umur bantalan 1 dan bantalan 2 diketahui memiliki umur sebagai berikut, yaitu umur bantalan/bearing 1 adalah 1.311.421,41 jam kerja. Kemudian untuk umur bantalan/bearing 2 mempunyai umur 986.507,22 jam kerja.

Kemudian dari hasil percobaan sekali proses = 5 kg, dilakukan sebanyak 5 kali percobaan didapatkan waktu rata-rata = 2,264 menit. Sehingga kapasitas produksi yang mampu dihasilkan oleh mesin pengupas kulit kacang hijau ini sebesar 132,50 kg/jam.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari perencanaan dan perhitungan pada Mesin Pengupas Kulit Kacang Hijau, ditemukan data-data sebagai berikut:

- 1) Gaya pengupas sebesar 101,46 N. Dan daya motor AC sebesar 0,5 Hp dengan putaran 925 rpm.
- 2) Bantalan yang digunakan jenis gelinding (ball bearing-single row-deep groove) dengan data:

##### **Bantalan 1**

D = 52 mm  
B = 15 mm  
C<sub>0</sub> = 1610 lb  
C = 2430 lb

##### **Bantalan 2**

D = 47 mm  
B = 14 mm  
C<sub>0</sub> = 1400 lb  
C = 2210 lb

- 3) Kapasitas produksi yang mampu dihasilkan oleh mesin pengupas kulit kacang hijau ini sebesar 132,50 kg/jam.

#### **5.2. Saran**

Hasil percobaan alat pengupas kulit kacang hijau paska panen secara keseluruhan bekerja dengan baik. Namun masih ada yang harus disempurnakan lagi sehingga tidak hanya dapat mengupas kulit kacang hijau saja, tetapi juga dapat mengupas berbagai jenis tanaman palawija. Selanjutnya alat yang susah dipindah-pindah. Karena hanya menggunakan roda kecil. Jadi untuk memindahkan alat dari tempat 1 ke tempat yang lain sangat sulit dan harus diangkat untuk memindah alat ini.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## DAFTAR PUSTAKA

1. C, Hibbeler R. 2000. *Engineering Mechanics Dynamics*. New York : Prentice Hall.
2. Deutschman, Aaron D, Walter J Michels, Charles E Wilson. 1975. *Machine Design Theory and Practice*. New York : Macmillian Publishing Co, Inc.
3. Dosen-dosen *Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
4. Sularso, Suga, Kiyokatsu. 1991. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin 10<sup>th</sup> edition*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
5. Takeshi, G. Sato, N. Sugiarto H. 1999. *Mechanical Drawing According to ISO Standards*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
6. Darmawan,H. 2000.*Pengantar Perancangan Teknik (Perancangan Produk)*. Jakarta:Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional
7. *Baran Wirawan dan Sri Wahyuni*, 2002.
8. <http://tokomesinpengolahmakanan.wordpress.com/>
9. *Koswara S.*, 1992.
10. *Rochmanu, Arfaan*. 2013.
11. *Woyo Wasito*, 2012.
12. [www.rekatehnikindo.blogspot.com](http://www.rekatehnikindo.blogspot.com)

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Lamongan pada tanggal 27 Maret 1993, dari pasangan Bapak Ali dan Ibu Siti Janah. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis bertempat tinggal di Dsn. Geger, Ds. Balongwangi, Kecamatan Tikung, Kabupaten Lamongan. Penulis memulai pendidikan formal dimulai dari SDN Balongwangi III, SMP Negeri 1 Tikung, SMA Negeri 1 Kembangbahu. Setelah lulus SMA tahun 2011, penulis mengikuti ujian masuk Diploma 3 ITS dan di terima sebagai mahasiswa di Jurusan D3 Teknik Mesin FTI-ITS dan mengambil bidang studi Manufaktur.

Penulis pernah melakukan Kerja Praktek di PT. OMETRACO ARYA SAMANTA selama satu bulan pada tahun 2013. Selama berada di bangku kuliah penulis aktif mengikuti kegiatan perkuliahan. Penulis juga aktif dalam berbagai organisasi sebagai Staf Kewirausahaan Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Mesin periode 2013/2014. Penulis juga mengikuti kegiatan-kegiatan non akademik baik di dalam maupun diluar jurusan seperti pelatihan LKMM (Pra-TD dan TD), PKTI, seminar-seminar, dan lain-lain. Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk kedepannya.

E-mail : [choirul\\_2748@yahoo.com](mailto:choirul_2748@yahoo.com)

No. Hp : +6285732445339

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*